



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

FRANCISCO CLÁUDIO MORATO LEITE

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE INDICADORES DE
DESEMPENHO PARA A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE
EDIFICAÇÕES PÚBLICAS**

Londrina
2021

FRANCISCO CLÁUDIO MORATO LEITE

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE INDICADORES DE
DESEMPENHO PARA A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE
EDIFICAÇÕES PÚBLICAS**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Fernanda Aranha Saffaro

Londrina
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

L533 Leite, Francisco Cláudio Morato.
Proposta de um sistema de indicadores de desempenho para a gestão da manutenção de edificações públicas / Francisco Cláudio Morato Leite. - Londrina, 2021.
234 f.

Orientador: Fernanda Aranha Saffaro.
Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2021.
Inclui bibliografia.

1. Gestão da manutenção de edificações - Tese. 2. Medição de desempenho - Tese. 3. Indicadores de desempenho - Tese. 4. Edificações públicas - Tese. I. Saffaro, Fernanda Aranha. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU 62

FRANCISCO CLÁUDIO MORATO LEITE

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE INDICADORES DE
DESEMPENHO PARA A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE
EDIFICAÇÕES PÚBLICAS**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Fernanda Aranha Saffaro
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof.^a Dr.^a Ercília Hitomi Hirota
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Humberto Ramos Roman
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Prof.^a Dr.^a Maria Carolina de Oliveira Brandstetter
Universidade Federal de Goiás – UFG

Prof. Dr. José Ângelo Ferreira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
UTFPR

Londrina, 2 de agosto de 2021.

Dedicatória:

Ao meu pai Francisco (*in memoriam*) e minha mãe Marina, por me demonstrarem o valor do trabalho e da dedicação.

A minha esposa Raquel, por ser a expressão de todo o amor e companheirismo nesta vida, e aos meus filhos Francisco e Ana Luiza, por darem razão e sentido a toda caminhada.

Aos meus tios Mário e Ica Venturini (*in memoriam*), por me desenvolverem o gosto por estudar e me mostrarem a profissão que segui.

AGRADECIMENTOS

DEUS, o princípio e o fim. Agradeço-LHE, humildemente, pela oportunidade da vida ao passar por provas e expiações.

A Nossa Senhora, Mãe Admirável. Agradeço-LHE, imensamente, pela proteção e acalento.

A Prof.^a Dr.^a Fernanda Aranha Saffaro. Agradeço-lhe, muito mais que a enorme contribuição na minha formação para a ciência e orientações, pelo apoio para seguir adiante (... desculpe-me pelos prazos).

Ao Prof. Dr. Humberto Ramos Roman. Agradeço-lhe por sempre acreditar em mim, pelas definições de rumo e orientações (... desde 1991).

Aos Professores da banca de qualificação, Prof.^a Dr.^a Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter (UFG), Prof. Dr. José Ângelo Ferreira (UTFPR) e Prof.^a Dr.^a Ercília Hitomi Hirota (UEL). Agradeço-lhes, muitíssimo, pelas recomendações e subsídios para o desenvolvimento da tese.

Ao Departamento de Construção Civil/CTU. Agradeço a todos os professores que me ajudaram neste mister, ao assumirem minhas atividades, ao garantirem minha capacitação. Em especial, ao Prof. Ederaldo Furlanetto Júnior (*in memoriam*).

A Universidade Estadual de Londrina, por tentar retornar-lhe um pouco do profissional em que me constituiu e pelo enorme privilégio em servir-lhe.

RESUMO

LEITE, Francisco Cláudio Morato Leite. **Proposta de um sistema de indicadores de desempenho para a gestão da manutenção de edificações públicas.** 2021. 234 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

Os ambientes construídos mantidos em condições satisfatórias impactam de maneira positiva no desempenho das organizações que os utilizam. Em vista disso, a manutenção de edificações assume importância estratégica em organizações suportadas por portfólios complexos de edifícios, como é o caso das universidades. No entanto, não se dispõe sistemas de indicadores que subsidiem os gestores com relação à medição dos diferentes fatores que impactam no desempenho da gestão da manutenção de edificações. O estudo tem como objetivo principal desenvolver um sistema de indicadores interligados para medir o desempenho da gestão da manutenção de edificações e seus resultados, com ênfase nas instituições de ensino superior públicas. O desenvolvimento científico e técnico no ambiente de manutenção da indústria manufatureira forneceu a base de conhecimento teórico e a experiência necessária que propiciou desenvolver uma solução satisfatória para o problema da tese. Para atingir o objetivo proposto, a pesquisa foi estruturada em duas etapas. A primeira etapa compreendeu a construção do sistema de indicadores de desempenho, dividida em: a composição teórica do sistema; a concepção da sua arquitetura; e a seleção dos indicadores. A segunda etapa correspondeu a avaliação da facilidade de uso do sistema construído, que também forneceu o *feedback* para o seu aperfeiçoamento, até que fosse finalmente gerado o sistema de indicadores de desempenho, expresso num quadro sinótico.

Palavras-chave: gestão da manutenção de edificações; medição do desempenho; indicadores de desempenho; edificações públicas.

ABSTRACT

LEITE, Francisco Cláudio Morato Leite. **Proposal of a system of performance indicators for the public buildings maintenance management.** 2021. 234 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

Environments build in satisfactory conditions have a positive impact on the performance results of organizations that use them. Therefore, building maintenance assumes strategic importance in organizations supported by complex building portfolios, such as universities. However, there are no indicators systems to support managers in measuring the different factors that impact the performance of building maintenance management. The main objective of the research is to develop a system of linked indicators to measure the performance of buildings maintenance management and its results, with emphasis on public higher education. Scientific and technical development in the maintenance environment of the manufacturing industry can provide a theoretical knowledge base and a necessary experience that allows the development of a satisfactory solution to the thesis problem. A survey was structured in two stages to reach the intended purpose. The first stage encompasses the construction of the performance indicators system, divided into three phases: the theoretical composition of the system, the design of its architecture, and a selection of indicators. The second stage corresponds to an assessment of the ease of use of the built system, which also provided feedback for its improvement until it was finally generated. The final version of the performance indicator system was then explained in a synoptic table.

Key-words: building Maintenance management; performance measurement; performance indicators; public buildings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de manutenção empregados em empresas manufatureiras.....	30
Figura 2 – Modelo para a gestão da manutenção	34
Figura 3 – Modelo para a gestão da manutenção	36
Figura 4 – Modelo para a gestão da manutenção	38
Figura 5 – Questões envolvidas no desenvolvimento de um sistema de medição de desempenho da manutenção	41
Figura 6 – Diagramas de esforço (E) e resistência (R) para análise de falha de um item.....	49
Figura 7 – Curva típica da taxa de falhas denominada de “curva da banheira”	50
Figura 8 – Diagrama de tempos das atividades de manutenção	53
Figura 9 – Diagrama dos estados de um item.....	55
Figura 10 – Comportamento dos custos associados aos tipos de manutenção	57
Figura 11 – Conceitos envolvidos com a disponibilidade	65
Figura 12 – Relação causal entre a confiabilidade, manutenibilidade e a disponibilidade	66
Figura 13 – Variação do <i>backlog</i> no mês	72
Figura 14 – Classificação dos tipos de manutenção para edificações	92
Figura 15 – Árvore de decisão para o tipo de manutenção de edificações.....	94
Figura 16 – Intervenções da manutenção na vida útil de um ativo construído.....	95
Figura 17 – Estrutura organizacional centralizada da gestão da manutenção de edificações.....	97
Figura 18 – Estrutura organizacional descentralizada da gestão da manutenção de edificações.....	97
Figura 19 – Modelo do sistema de gestão da manutenção de edificações.....	98
Figura 20 – Modelo do sistema de gestão da manutenção de edificações públicas do Governo do Estado de Queensland, na Austrália.....	99
Figura 21 – Comportamento do custo de manutenção por valor de reposição de edificações (CMV)	107
Figura 22 – Coeficiente de ocupação (OC) para instalações hospitalares.....	113
Figura 23 – Coeficiente de idade para instalações hospitalares	113
Figura 24 – Modelo gerencial de <i>facility management</i>	131
Figura 25 – Delineamento da pesquisa.....	142

Figura 26 – Organograma da Prefeitura do <i>Campus</i> Universitário da UEL.....	155
Figura 27 – Organograma da Diretoria de Obras e Manutenção da Prefeitura do <i>Campus</i> Universitário da UEL	156
Figura 28 – Fluxograma do sistema de gestão de processos e informações da manutenção de edificações do <i>campus</i> da UEL	157
Figura 29 – Fachada norte da Central de Salas de Aula do CTU/UEL	163
Figura 30 – Fachada leste do Laboratório de Materiais de Construção do CTU/UEL.....	163
Figura 31 – Quadro conceitual da medição do desempenho da função manutenção na indústria manufatureira	165
Figura 32 – <i>Framework</i> para a medição interligada do desempenho da gestão da manutenção de edificações públicas	169
Figura 33 – Indicadores de desempenho selecionados	172
Figura 34 – Espelho do formulário de distribuição da solicitação de serviço ao setor	201
Figura 35 – Espelho do formulário da execução da solicitação de serviço, aba solicitação.....	202
Figura 36 – Espelho do formulário da execução da solicitação de serviço	202
Figura 37 – Espelho do formulário da execução da solicitação de serviço, aba materiais	203
Figura 38 – Espelho do formulário da execução da solicitação de serviço, aba serviço terceirizado	203
Figura 39 – Espelho do formulário da execução da solicitação de serviço, aba histórico	204
Figura 40 – Versão final do sistema de indicadores de desempenho	209

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos pesos (%) de cada sistema (n) na nota P_n em edificações hospitalares.....	116
Tabela 2 – Indicadores de desempenho e metas para a gestão da manutenção de edificações da Universidade de <i>Queensland</i> , na Austrália	130
Tabela 3 – Situações das solicitações de serviço e ações dos usuários de posse	158
Tabela 4 – Mapa de funcionários alocados na Diretoria de Obras e Manutenção	159
Tabela 5 – Custo da manutenção de edificações praticado pela PCU no ano fiscal de 2014.....	161
Tabela 6 – Características do portfólio de edificações do <i>campus</i> da UELe da mão de obra interna de manutenção da PCU para o ano de 2014.....	161
Tabela 7 – Indicadores do desempenho da manutenção da PCU para o ano de 2014	161
Tabela 8 – Pesos dos fatores que compõem P_n	193
Tabela 9 – Exemplo da ficha de manutenção desenvolvida para o revestimento das paredes externas com placas litocerâmicas	194
Tabela 10 – Análise LCC por sistema (n) para a Central de Salas de Aula.....	195
Tabela 11 – Pesos (W_n) do BPI para as edificações investigadas	195
Tabela 12 – Avaliação da condição global da Central de Salas de Aula	196
Tabela 13 – Avaliação da condição global do LABMAT.....	196

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Perfil das atividades de manutenção	35
Quadro 2 – Tipos de sistemas de medição de desempenho	39
Quadro 3 – Critérios e classes dos indicadores de desempenho da manutenção	43
Quadro 4 – Matriz dos custos de conformidade e não conformidade na manutenção	60
Quadro 5 – Indicadores de desempenho da manutenção agrupados por dimensão e nível	75
Quadro 6 – Indicadores de desempenho econômico	76
Quadro 7 – Indicadores de desempenho técnico	77
Quadro 8 – Indicadores de desempenho organizacional	78
Quadro 9 – Quadro multicritério de indicadores de desempenho da manutenção	80
Quadro 10 – <i>Leading indicators</i> e metas para a medição do desempenho dos processos básicos da manutenção	81
Quadro 11 – <i>Lagging indicators</i> para a medição do desempenho da função manutenção	82
Quadro 12 – Indicadores de desempenho do tipo <i>leading</i> e <i>lagging</i> da função manutenção	83
Quadro 13 – Organização da gestão patrimonial	87
Quadro 14 – Normas técnicas que abrangem a gestão da manutenção de edificações	110
Quadro 15 – Notas e critérios para a avaliação da condição física e funcional (C_n) de pilares de concreto armado do sistema estrutural	115
Quadro 16 – Notas e critérios para a avaliação da frequência de falhas (F_n)	115
Quadro 17 – Notas e critérios para a avaliação da frequência das inspeções prediais (PM_n)	116
Quadro 18 – Indicadores de desempenho para a gestão da manutenção de edificações escolares	120
Quadro 19 – Indicadores de desempenho relacionados à manutenção de edificações no domínio da <i>facility management</i>	132
Quadro 20 – Indicadores de desempenho utilizados em <i>facility management</i> e relacionados à manutenção de edificações	134
Quadro 21 – Descritores para o indicador de desempenho selecionado	152

Quadro 22 – Características das edificações do CTU/UEL selecionadas para o estudo.....	162
Quadro 23 – Fontes de consulta para a identificação dos indicadores de desempenho.....	171
Quadro 24 – Participação das ordens de trabalho da manutenção preventiva (ID1).....	173
Quadro 25 – Participação das ordens de trabalho da manutenção corretiva (ID2).....	173
Quadro 26 – Capacidade de resposta do planejamento e programação (ID3).....	174
Quadro 27 – Qualidade do planejamento e programação (ID4).....	175
Quadro 28 – Perfil da mão de obra para a manutenção (ID5).....	176
Quadro 29 – Participação do número de funcionários internos indiretos da manutenção (ID6).....	177
Quadro 30 – Tamanho do <i>backlog</i> mensal (ID7).....	178
Quadro 31 – Participação do custo dos trabalhos de manutenção preventiva (MP) (ID8).....	178
Quadro 32 – Participação do custo dos trabalhos da manutenção corretiva (ID9).....	179
Quadro 33 – Qualidade da execução dos trabalhos de manutenção (ID10).....	180
Quadro 34 – <i>Backlog</i> por equipe de trabalho de manutenção (ID11).....	181
Quadro 35 – Funcionários por área construída (ID12).....	182
Quadro 36 – Indicador de desempenho do edifício (BPI) (ID13).....	182
Quadro 37 – Indicador da condição do edifício (FCI) (ID14).....	184
Quadro 38 – Índice do custo total da manutenção por valor das edificações (ID15).....	185
Quadro 39 – Índice do custo total da manutenção por área construída (AME) (ID16).....	186
Quadro 40 – Índice do custo total da manutenção por aluno (ID17).....	187
Quadro 41 – Índice do custo total da manutenção por funcionário (ID18).....	188
Quadro 42 – Medidas de desempenho necessárias para a composição dos indicadores de desempenho da manutenção de edificações.....	191
Quadro 43 – Sistemas e subsistemas construtivos das edificações universitárias investigadas.....	193
Quadro 44 – Características dos dados localizados no campo.....	198
Quadro 45 – Características dos dados localizados no sistema cadastral de edificações da UEL.....	199
Quadro 46 – Características dos dados localizados no sistema de controle da manutenção e no sistema administrativo da PCU.....	204

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Disponibilidade (<i>avaliability</i>)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
ACy	Coeficiente de idade para edificações (<i>age coefficient for the building's age</i>)
AFNOR	<i>Association Française de Normalisation</i>
APPA	<i>Leadership in Educacional Facilities</i>
ARV	Valor de substituição do ativo físico (<i>asset replacement value</i>)
ASTM	Sociedade Americana de Ensaios e Materiais (<i>American Society for Testing and Materials</i>)
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar-condicionado
BIM	Modelagem de informação da construção (<i>Building information modeling</i>)
BIFM	Instituto Britânico de Gerenciamento de Facilidades (<i>British Institute of Facilities Management</i>)
BPI	Indicador de desempenho da edificação (<i>building performance indicator</i>)
BSC	Indicadores balanceados de desempenho (<i>balanced scorecard</i>)
BSI	Instituto Britânico de Normas (<i>British Standards Institution</i>)
CA	Conselho de Administração da Universidade Estadual de Londrina
CAU	Conselho Regional de Arquitetura e Urbanismo
CAPES	Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério de Educação
CBM	Manutenção baseada na condição (<i>condition based maintenance</i>)
CESA-UEL	Centro de Estudos Sociais Aplicados da Universidade Estadual de Londrina
CEP	Controle estatístico de processo
CIB	<i>International Council for Research and Innovation in Building and Construction</i>
CMF	Custo de manutenção por faturamento bruto
CMMS	Sistema informatizado de gestão da manutenção (<i>computer maintenance management system</i>)

CMTBF	Tempo médio de calendário entre falhas (<i>calendar mean time between failures</i>)
CMV	Custo de manutenção por valor de reposição
CoPM	Custo da má manutenção (<i>cost of poor maintenance</i>)
CoPQ	Custo por má qualidade (<i>cost of poor quality</i>)
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CRV	Valor de substituição atual (<i>current replacement value</i>)
CSF	Fator crítico de sucesso (<i>critical success fator</i>)
CSTB	Centro Técnico e Científico da Construção (<i>Centre Scientifique et Technique du Bâtiment</i>)
CTM	Custo total de manutenção
CUB	Custo unitário básico
DFM	Projeto para a manutenção (<i>design for maintenance</i>)
DFX	Projeto para X (<i>design for X</i>)
DM	Custo da manutenção diferida (<i>deferred maintenance</i>)
DoD	Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (<i>United States Department of Defense</i>)
DOM	Diretoria de Obras e Manutenção da Prefeitura do <i>Campus</i> Universitário da Universidade Estadual de Londrina
DPTE	Diretoria de Planejamento do Território e Edificações da Pró-Reitoria de Planejamento da Universidade Estadual de Londrina
EAM	Gestão dos ativos da empresa (<i>enterprise asset management</i>)
EFQM	<i>Excellence foundation quality model</i>
ERP	Planejamento dos recursos da empresa (<i>enterprise resource planning</i>)
FBM	Manutenção baseada na falha (<i>failure based maintenance</i>)
FCI	Índice da condição da facilidade (<i>facility condition index</i>)
FLA	Acordo de nível para a facilidade (<i>facility level agreement</i>)
FM	<i>Facilities management</i>
FMEA	Análise dos modelos e efeitos da falha (<i>failure modes and effects analysis</i>)
FTA	Análise da árvore da falha (<i>faulty tree analysis</i>)
HEFCE	Conselho de Financiamento do Ensino Superior da Inglaterra (<i>Higher Education Funding Council for England</i>)
ID	Indicador de desempenho

IDM	Indicador de desempenho da manutenção
IES	Instituição de ensino superior
IFES	Instituição federal de ensino superior
IFMA	Associação Internacional de <i>Facility Management</i> (<i>International Facility Management Association</i>)
IST	Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa
KPI	Indicador-chave de desempenho (<i>key performance indicator</i>)
LABMAT	Laboratório de Materiais de Construção
LCC	Análise do custo do ciclo de vida (<i>life cycle cost</i>)
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
M	Manutenibilidade (<i>maintainability</i>)
MEI	Indicador de eficiência da manutenção (<i>maintenance efficiency indicator</i>)
MFV	Mapeamento do fluxo de valor
MMF	Estrutura de gestão da manutenção (<i>maintenance management framework</i>)
MMIS	Sistema de informação da gestão da manutenção (<i>maintenance management information system</i>)
MPI	Indicador de desempenho da manutenção (<i>maintenance performance indicator</i>)
MPM	Medição do desempenho da manutenção (<i>maintenance performance measurement</i>)
MSC	Amplitude de controle gerencial (<i>managerial span of control</i>)
MSD	Diagrama de recursos da manutenção (<i>maintenance sources diagram</i>)
MTBF	Tempo médio entre falhas (<i>mean time between failures</i>)
MTTF	Tempo médio para a falha (<i>mean time to failure</i>)
MTTR	Tempo médio para o reparo (<i>mean time to repair</i>)
NACUBO	<i>National Association of College and University Business Officers</i>
NHS	Serviço Nacional de Saúde (<i>National Health Service</i>) Britânico
NPV	Valor presente líquido (<i>net present value</i>)
OBM	Orçamento básico da manutenção das unidades orçamentárias da UEL
OEE	Eficácia global do equipamento (<i>overall equipment effectiveness</i>)
OT	Ordem de trabalho
PCU	Prefeitura do <i>Campus</i> Universitário
PDCA	Ciclo de Deming (<i>Plan – Do – Check – Act</i>)

PM	Medição do desempenho (<i>performance measurement</i>)
PMS	Sistema de medição do desempenho (<i>performance measurement system</i>)
PPGEC	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
PROPLA	Pró-Reitoria de Planejamento da UEL
QFD	<i>Quality function deployment</i>
R	Confiabilidade (<i>reliability</i>)
RCM	Manutenção centrada em confiabilidade (<i>reliability centered maintenance</i>)
RTF	Funcionar até falhar (<i>run-to-failure</i>)
SCM	Sistema de Controle de Manutenção (SCM) da UEL
SD	Dinâmica de sistemas (<i>System dynamics</i>)
SGM	Sistema de gestão da manutenção
SID	Sistema de indicadores de desempenho
SINDUSCON Paraná Norte	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Paraná Norte
SLA	Acordo de nível de serviço (<i>service level agrément</i>)
SMD	Sistema de medição do desempenho
SS	Solicitação de serviço
TBM	Manutenção baseada no tempo (<i>time based maintenance</i>)
TPM	Manutenção produtiva total (<i>total productive maintenance</i>)
UBM	Manutenção baseada no uso (<i>use based maintenance</i>)
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UENP	Universidade Estadual do Norte do Paraná
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
UNESPAR	Universidade Estadual do Paraná
UNICENTRO	Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná
UNIOESTE	Universidade do Oeste do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA	20
1.2	PROBLEMA E QUESTÃO DE PESQUISA	21
1.3	OBJETIVOS	23
1.4	PRESSUPOSTO	24
1.5	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	24
1.6	ESTRUTURA DA TESE	24
2	A FUNÇÃO MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA DA MANUFATURA	26
2.1	CONCEITOS DA MANUTENÇÃO	26
2.2	A POLÍTICA DE MANUTENÇÃO	27
2.3	OS OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO	28
2.4	OS TIPOS DE MANUTENÇÃO	29
2.5	O PLANO DE MANUTENÇÃO	32
2.6	AS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO	32
2.7	A GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA MANUFATUREIRA	33
2.7.1	O Modelo de Riis <i>et al</i>	33
2.7.2	O Modelo de Coetzee	35
2.7.3	O Modelo de Parida	38
2.8	A MEDIÇÃO DO DESEMPENHO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO	38
2.9	OS INDICADORES DE DESEMPENHO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO	46
2.9.1	Medidas e Indicadores de Desempenho	46
2.9.2	Conceitos e Termos da Função Manutenção e dos Indicadores de Desempenho	47
2.9.3	Definições Operacionais para os Indicadores de Desempenho Teóricos	66
2.9.4	Indicadores de Desempenho Estabelecidos na Norma Técnica Européia EN 15341:2019	75
2.9.5	Os Indicadores de Desempenho Relatados ou Propostos pelos Principais Pesquisadores e Autores	80
2.9.6	Os Indicadores de Desempenho Adotados em Softwares Especializados	84
2.10	DIRETRIZES PARA A CONCEPÇÃO DE UM SISTEMA DE INDICADORES PARA A MEDIÇÃO DO DESEMPENHO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO	84

3	A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES	87
3.1	O CONCEITO DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	88
3.2	AS POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	89
3.3	OS OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	91
3.4	OS TIPOS DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	92
3.5	O PLANO DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	94
3.6	AS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	95
3.7	A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	96
3.8	A MEDIÇÃO DO DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	101
3.9	OS INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	104
3.9.1	Composição dos Indicadores de Desempenho.....	104
3.9.2	Os Indicadores de Desempenho Estabelecidos em Normas Técnicas.....	110
3.9.3	Os Indicadores de Desempenho relatados ou Propostos pelos Principais Pesquisadores ou Autores.....	111
3.9.4	Os Indicadores de Desempenho Utilizados em Organizações Educacionais Públicas.....	128
3.9.5	Outros Indicadores de Desempenho Utilizados no Domínio da <i>Facility Management</i>	130
3.9.6	Os Indicadores de Desempenho Adotados em <i>Softwares</i> Especializados.....	136
3.10	CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS PARA A COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO PRETENDIDO.....	139
4	MÉTODO DE PESQUISA	141
4.1	O DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	141
4.2	A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO.....	143
4.2.1	Fase 1: A Composição do Sistema de Medição do Desempenho da Manutenção de Edificações.....	147
4.2.2	Fase 2: A Concepção da Arquitetura do Sistema de Indicadores de Desempenho da Manutenção de Edificações.....	147
4.2.3	Fase 3: A Identificação e a Seleção dos Indicadores de Desempenho da Manutenção de Edificações.....	151
4.3	A AVALIAÇÃO E APERFEIÇOAMENTO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO CONSTRUÍDO.....	152
4.4	VERSÃO FINAL DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO.....	153

5	A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES	154
5.1	A DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES DO CAMPUS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA	154
5.2	A CONCEPÇÃO DA ARQUITETURA DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO	164
5.2.1	A Interligação dos Esforços ou Processos Básicos e os Resultados da Manutenção de Edificações	164
5.2.2	A Interligação entre os Níveis Hierárquicos Gerenciais	167
5.2.3	As Dimensões dos Indicadores de Desempenho da Manutenção	168
5.2.4	O Framework Concebido para a Medição do Desempenho.....	169
5.3	A IDENTIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO	170
5.4	A SELEÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO E A VERSÃO INICIAL DO SISTEMA	172
6	A AVALIAÇÃO E O APERFEIÇOAMENTO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO CONSTRUÍDO	190
6.1	A AVALIAÇÃO DA FACILIDADE DO USO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO CONSTRUÍDO	190
6.1.1	Dados Localizados no Campo	192
6.1.2	Dados Localizados no Sistema Cadastral de Edificações da UEL.....	199
6.1.3	Dados Localizados no Sistema de Controle da Manutenção e no Sistema Administrativo da PCU	201
6.2	A VERSÃO FINAL DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO CONSTRUÍDO	208
7	CONCLUSÃO	210
	REFERÊNCIAS	213
	APÊNDICE A	227

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVAS

No portfólio de ativos de uma organização preponderam, geralmente, os ativos físicos (*physical assets*), definidos na ABNT NBR ISO 55000 (ABNT, 2014a) como todos os equipamentos, estoques e propriedades.

Sob a gestão dos ativos físicos convergem, atualmente, os princípios e conceitos da *facility management*. Conforme estabelecido na ABNT ISO/TR 41013 (ABNT, 2019b), *facility management* (FM) corresponde a um amplo escopo de processos, serviços, atividades e instalações que possibilitam locais de trabalho seguros e saudáveis, com custos adequados e que asseguram uma prestação eficiente de serviços. Por *facility* compreende-se, de acordo com a ABNT NBR ISO 41011 (ABNT, 2019a), o conjunto de ativos que é construído, instalado ou estabelecido para atender às necessidades de uma organização.

Nos dias de hoje, a gestão da manutenção de edificações se insere nessa hierarquia de gestão de bens no sentido de manter o valor dos ativos construídos ou instalados. As edificações precisam ser mantidas para garantir que estejam apropriadas ao fim a que se destinam, continuam a desempenhar de maneira segura e eficiente as suas funções ao longo da vida útil e, protejam o valor das mesmas (BSI, 2020).

Mishra e Pathak (2012) defendem que a gestão da manutenção de edificações tem os mesmos objetivos de qualquer outro sistema de manutenção de bens, que consistem em alcançar a disponibilidade máxima dos itens com custo mínimo. Assim, a gestão da manutenção de edificações se constitui de práticas essenciais para garantir o desempenho dos edifícios dentro dos padrões exigidos, bem como em diminuir o impacto das falhas ocorridas (AU-YONG; ALI; AHMADA, 2014).

Vale destacar, como fazem Lounis e Vanier (2000) e Cavalcante, Alencar e Lopes (2017), que a gestão da manutenção de edificações envolve a tomada de decisão sob múltiplos objetivos e incertezas, mediante a consideração de critérios complexos, conflitantes e concorrentes e, ainda, sob restrições orçamentárias. Assim, as decisões sobre a gestão da manutenção de edifícios são um desafio para os profissionais responsáveis.

Nesse contexto, a gestão da manutenção de edificações assume uma importância estratégica para o desempenho das organizações, tomando como exemplo as instituições de ensino superior públicas. As universidades dependem de seus edifícios em condição satisfatória no maior tempo disponível como suporte para lograr cumprir sua missão e atingir seus objetivos

com êxito. A influência positiva da condição da edificação no desempenho das atividades de ensino e pesquisa foi investigada e relatada por diversos autores, em diferentes países, entre eles: Price *et al.* (2003) e Green e Turrell (2005), na Inglaterra; Leung e Fung (2005), em Hong-Kong, na China; Roberts (2009), no Canadá; Lavy e Bilbo (2009), Bello e Loftness (2010) e Determan *et al.* (2015), nos EUA.

Não obstante, para além do recurso humano, que é o repositório do conhecimento, o edifício é o maior patrimônio de uma instituição universitária (LATEEF; KHAMIDI; IDRUS, 2011). Ademais, como defendem De Medici e Senia (2015), as universidades devem ser capazes de manter, valorizar e gerir seu patrimônio imobiliário de maneira a produzir benefícios sociais (implementação dos seus objetivos institucionais) e benefícios econômicos (redução dos custos de gestão e produção de receitas).

1.2 PROBLEMA E QUESTÃO DE PESQUISA

Apesar da reconhecida influência da gestão da manutenção de edificações, Silva e Brito (2019) argumentam que durante décadas foi compreendida como manutenção reativa e baseada em critérios subjetivos. Lateef (2009), Taillander, Sauce e Bonetto (2011), Saghatfroush, Trigunarsyah e Too (2012) concordam que há carência de métodos, técnicas e instrumentos gerenciais para auxiliar os gestores da manutenção de edificações a fim de atender a demanda por edifícios em condições satisfatórias com custos acessíveis. Zawawi *et al.* (2011) afirmam que a gestão da manutenção predial é praticada de forma inadequada para grande parte das edificações. A má gestão, mais a falta de financiamento, também são apontadas por Eweda, Zayed e Alkass (2015) como as principais razões para a condição insatisfatória das edificações.

Em contrapartida, a pesquisa e a produção de conhecimento sobre a manutenção de edificações começam a progredir. Falorca, Rodrigues e Silva (2014) constataram que houve um aumento significativo de publicações nesse tema após o ano de 1995. Os autores realizaram uma revisão sistemática da literatura com o propósito de avaliar o avanço do conhecimento e o crescimento da produção literária tratando de manutenção de edificações. A busca cobriu o período desde a primeira publicação de Anson e Spencer (1973) até o ano de 2011. Os autores constataram, ainda, que gestão da manutenção é a expressão de maior ocorrência no título dos trabalhos científicos publicados, o que se acredita representar as questões de pesquisa mais estudadas. Contudo, detectaram a predominância de artigos publicados em anais de congresso, o que pode revelar o maior interesse da comunidade científica em discutir seus trabalhos de

pesquisa em reuniões regulares ao invés de publicar em periódicos em que o rigor científico exigido tende a ser maior.

Rocha e Rodrigues (2017) também revisaram sistematicamente a literatura, mas com a intenção de identificar o estado do conhecimento sobre a manutenção de edificações. A busca compreendeu o período entre os anos de 2000 até 2016. Os autores observaram que, dentre treze áreas temáticas distinguidas, o desempenho e tipos da manutenção de edificações foi o tema mais discutido pelos pesquisadores. Além disso, a gestão e prática da manutenção de edificações também ocorreu como um dos assuntos com maior quantidade de artigos publicados.

Neste trabalho de tese, também se buscou sistematicamente a literatura do período entre os anos de 2000 até 2020 (segundo quartil), porém com foco no uso de indicadores de desempenho (IDs) como instrumento para auxiliar a gestão da manutenção de edificações. Nesse período, detectou-se a recente inclinação de pesquisadores sobre a utilização de IDs, em que 48,6% dos trabalhos científicos envolvendo esse assunto foram publicados no último quinquênio.

Todavia, no período investigado constatou-se que a ênfase dos pesquisadores estava em empregar os IDs para medir, de maneira isolada, os diferentes fatores que impactam na gestão da manutenção de edificações. Exceto para a manutenção de instalações hospitalares, em que vale destacar o artigo seminal de Shohet (2006). O autor descreve a concepção de um sistema de IDs voltado para avaliar a eficiência dos tipos de manutenção. Nesse sistema, os IDs estão interligados levando em conta quatro fatores: a avaliação da condição da edificação; a mão de obra empregada; a eficácia de custo da manutenção; e os parâmetros organizacionais.

Vale ressaltar que o desenvolvimento de sistemas de IDs para a medição dos vários aspectos do desempenho da manutenção de edificações é uma das maneiras para maximizar o comportamento em uso das edificações (PATI; PARK; AUGENBROE, 2010; SALONEN; BENGTTSSON, 2011). Uzarski e Grussing (2008) argumentam que as melhores práticas na gestão da manutenção predial devem empregar IDs de múltipla condição. Assim, cada ID de base econômica ou técnica fornece uma perspectiva importante aos gestores na tomada de decisão. Como apontado por Marzouk e Seleem (2018), um sistema de IDs integrados torna possível simular cenários e tomar decisões com base em previsões e lógica.

Em paralelo, no âmbito da gestão de ativos também há recomendação explícita na norma técnica ABNT NBR ISO 55002 (ABNT, 2020c) para que seja desenvolvido um conjunto de IDs para medir, tanto os processos da gestão da manutenção de ativos quanto os seus resultados. É recomendado, ainda, que o conjunto de IDs forneça informações úteis para identificar os êxitos e as áreas que necessitam de ações corretivas ou melhorias. No entanto, ainda não se

observa esta orientação estendida para a gestão da manutenção de edificações ao se analisar as atuais normas técnicas que tratam da manutenção de edificações. A norma técnica europeia EN 15331 (BSI, 2011) somente especifica a necessidade de controle e monitoramento das atividades de execução da manutenção com dados técnicos e econômicos coletados. Por sua vez, a norma técnica brasileira ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012) meramente recomenda o uso de alguns IDs, utilizando-os de modo isolado.

Os resultados das revisões sistemáticas refletem, portanto, ao longo da linha do tempo, uma atenção crescente ao tema gestão da manutenção de edificações e a utilização de IDs como ferramenta de gestão. Ademais, as pesquisas no tema gestão da manutenção tem valor destacado em edificações públicas, tendo em vista a repercussão no uso de recursos públicos e na prestação inadequada de serviços para os quais essas edificações são destinadas.

Em face da inexistência de sistemas de IDs interligados que subsidiem os gestores da manutenção de edificações públicas a questão norteadora da pesquisa é:

Como medir o desempenho dos diferentes fatores que impactam na gestão da manutenção de edificações públicas?

1.3 OBJETIVOS

A partir da questão de pesquisa formulada, o objetivo principal da tese é desenvolver um sistema de indicadores interligados para medir o desempenho da gestão da manutenção de edificações.

Por objetivos secundários, pretende-se:

- a) Modelar o ciclo de processos básicos da manutenção de edificações;
- b) Identificar os resultados exigidos na gestão da manutenção de edificações;
- c) Ajustar os IDs praticados na medição do desempenho da função manutenção da indústria manufatureira para a manutenção de edificações;
- d) Analisar um dos métodos disponíveis na literatura para a avaliação da condição da edificação;
- e) Organizar o conhecimento sobre a gestão da manutenção de edificações a fim de possibilitar a resolução de problemas nesse tema.

1.4 PRESSUPOSTO

A procura para a solução do problema de pesquisa esbarra na condição da gestão da manutenção de edificações, que se encontra em um estágio subdesenvolvido de pesquisa se comparado a outras áreas que envolvem a função manutenção (ARDITI; NAWAKORAWIT, 1999a; BONETTO; SAUCE, 2005; WU *et al.*, 2010; LIND; MUYINGO, 2012; GONÇALVES, 2014).

Por outro lado, no contexto da indústria de manufatura há um substancial conhecimento acumulado sobre sistemas de medição do desempenho da função manutenção, com disponibilidade de normalização técnica e registros bem documentados para o desenvolvimento e a utilização de sistemas de IDs (KUTUCUOGLU *et al.*, 2001; TSANG, 2002; COETZEE, 2004; WEBER; THOMAS, 2005; PARIDA; KUMAR, 2006).

Ademais, de acordo com Cabral (2013), a gestão da manutenção de edificações utiliza os mesmos conceitos e a metodologia da gestão da manutenção de qualquer outro contexto, desde que contempladas as particularidades de natureza técnica das edificações e das exigências legais. Assim, o desenvolvimento científico e técnico no ambiente de manutenção da indústria manufatureira pode fornecer a base de conhecimento teórico e a experiência necessária que propicie desenvolver uma solução satisfatória para o problema da tese.

1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Tendo em vista os diversos sistemas de gestão da manutenção predial, bem como as diferentes características construtivas, de uso e de ocupação entre os portfólios de edificações, um conjunto genérico de IDs não parece ser adequado para ser aplicado a todos os tipos de organizações.

Por essa razão, as conclusões a que o pesquisador pode chegar nesta tese estão restritas à gestão da manutenção de edificações públicas.

1.6 ESTRUTURA DA TESE

A tese está estruturada em sete capítulos, sendo o primeiro capítulo voltado a descrever o contexto em que se insere o tema escolhido pelo pesquisador, a delimitar o problema de pesquisa e a formular a questão principal a ser respondida. Na sequência, o objetivo principal é enunciado.

Partindo do pressuposto assumido para a solução do problema de tese, o segundo capítulo compreende o levantamento dos fundamentos teóricos sobre a função manutenção no âmbito da indústria da manufatura, por meio da revisão da literatura.

Do mesmo modo, o terceiro capítulo abrange os fundamentos teóricos sobre a gestão da manutenção de edificações, derivando no estabelecimento das diretrizes para a composição do sistema de IDs pretendido.

O quarto capítulo é dedicado a descrever e justificar o método de pesquisa.

O quinto capítulo trata da construção do sistema de IDs por meio da concepção da arquitetura do sistema de IDs e da identificação e seleção dos IDs para compô-lo. Na construção do sistema de IDs foi empregada a análise comparativa da arte entre os dois contextos da manutenção e a transferência de inovações. A primeira versão do sistema de IDs é apresentada.

O sexto capítulo envolve a avaliação da facilidade do uso do sistema de IDs construído. Para isso, conduziu-se um estudo de caso do tipo único e incorporado. Tomou-se como unidade de análise o sistema de manutenção de edificações do *campus* da UEL. Inicialmente, foram caracterizados o sistema de manutenção e o portfólio de edificações. A avaliação da facilidade de uso correspondeu a observação da produção dos IDs por meio do levantamento e análise de documentos e de campo. A avaliação do sistema de IDs também forneceu o *feedback* para o seu aperfeiçoamento, até que fosse finalmente gerado. A versão final do sistema de IDs é apresentada.

O sétimo capítulo trata das conclusões.

2 A FUNÇÃO MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA DA MANUFATURA

O problema de pesquisa foi inserido dentro de um quadro de referência teórica que permitia compreendê-lo e, como enfatizam Alturki, Gable e Bandara (2011), auxiliava o pesquisador a ter maior assertividade na escolha da solução.

Assim, neste capítulo são discutidos os fundamentos sobre a função manutenção e a medição de seu desempenho na indústria da manufatura que auxiliam o alcance do objetivo principal estabelecido na tese.

2.1 CONCEITOS DA MANUTENÇÃO

Desde a década de 1930, a evolução do padrão tecnológico exigiu maior complexidade dos sistemas de manutenção nas organizações industriais. Assim, a manutenção passou do foco restrito ao desempenho de um simples equipamento para uma visão global da sua função no sistema produtivo.

Moubray (1995) argumenta que os conceitos sobre a manutenção começaram a mudar principalmente no campo da gestão dos ativos físicos em que a manutenção é percebida num escopo mais amplo do que então discutido. O autor descreve as mudanças que levaram a um novo paradigma da gestão da manutenção nas organizações. Dentre elas, cabe citar o aperfeiçoamento quanto ao objetivo principal da manutenção que passou de apenas otimizar a planta industrial aumentando a produtividade das instalações ao mínimo custo para exercer a influência sobre todos os aspectos de risco e efetividade do negócio, como a segurança, a integridade ambiental, a eficiência energética, a qualidade dos produtos e dos serviços.

Nessa vertente, Arts, Knapp e Mann (1998) definem a manutenção como uma função de suporte para qualquer organização, especialmente para a industrial. Esse suporte pode ser expresso em termos de volume de produção exigido pela organização e que pode ser alcançado por meio de alta disponibilidade de seus equipamentos e instalações. Por sua vez, a disponibilidade é influenciada pela confiabilidade e manutenibilidade desses equipamentos e instalações.

A definição para a manutenção fornecida por Coetzee (2004) envolve os mesmos conceitos, mas atrela-os, ainda, ao custo. Para o autor, a manutenção consiste nos serviços que dão suporte ao processo de produção em níveis adequados de disponibilidade, confiabilidade e operacionalidade a um custo aceitável.

Noutra perspectiva, Slack, Chambers e Johnston (2009) argumentam que a manutenção é a forma pelas quais as organizações tentam evitar as falhas ao cuidar de suas instalações,

especialmente aqueles itens que desempenham papel fundamental nas suas atividades de produção. Muchiri *et al.* (2011) também assim se expressam, pois entendem que a função primária da manutenção é a redução ou eliminação das falhas e suas consequências.

As normas técnicas atuais definem a manutenção abrangendo os conceitos ora discutidos. Na EN 13306¹ (BSI, 2017), a manutenção corresponde ao conjunto de todas as ações técnicas, administrativas e gerenciais durante o ciclo de vida de um item com a intenção de mantê-lo ou restaurá-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida. Esta definição pode ser melhor compreendida como contida na EN 15341² (BSI, 2019), em que a manutenção consiste na implementação de ações corretivas, preventivas e de melhoria através do trabalho, informações, materiais, métodos organizacionais, ferramentas e técnicas.

Vale salientar que a manutenção está definida na norma técnica brasileira ABNT NBR 5462³ (ABNT, 1994) de maneira idêntica à EN 13306 (BSI, 2017).

Portanto, pode-se afirmar, como fazem Kumar *et al.* (2013), que atualmente o foco da função manutenção está em manter os equipamentos operacionais ou em retorná-los para a produção o mais rápido possível.

2.2 A POLÍTICA DE MANUTENÇÃO

Cada departamento de manutenção de uma organização deve ter como força motriz um documento que revela o que quer alcançar (COETZEE, 2004). Elaborado pelos gestores da organização, esse documento contém a declaração da política de manutenção como um conjunto de regras que descreve os mecanismos desencadeadores para as diferentes ações de manutenção (MUCHIRI *et al.*, 2011).

Portanto, é um documento com os princípios utilizados para guiar o gestor da manutenção na tomada de decisões. Em vista disso, a política de manutenção é um elemento gerencial fundamental posto que orienta o departamento de manutenção a atingir os resultados (COETZEE, 2004).

¹ A EN 13306 é a norma técnica europeia que fornece as definições acordadas para os termos mais comuns utilizados em manutenção para qualquer organização.

² A EN 15341 é a norma técnica europeia que elenca os indicadores-chave de desempenho (KPI) para a manutenção e orienta a seleção de um conjunto de KPIs para avaliar a eficácia, a eficiência e a sustentabilidade da manutenção dos ativos físicos existentes em indústrias, infraestruturas, *facilities*, edificações ou sistemas de transportes.

³ A ABNT NBR 5462 é a norma técnica que trata dos principais conceitos e terminologias que abragem a confiabilidade e a manutenibilidade da manutenção.

Assim, em um sistema de gestão da manutenção (SGM) a política de manutenção é o primeiro elemento a ser constituído, uma vez que a partir dela são definidos os objetivos, selecionados os tipos e elaborados os planos que levam à execução das atividades de manutenção.

Um documento de política de manutenção deve abordar as seguintes questões típicas (COETZEE, 2004): (a) a filosofia geral, de modo que expresse o princípio da manutenção na organização, a visão e missão do departamento de manutenção e a relação da organização da manutenção com outras funções; (b) o objetivo principal (a meta que o departamento de manutenção quer alcançar em quaisquer circunstâncias) e os objetivos específicos; (c) o planejamento das atividades de manutenção; (d) as auditorias; (e) a medição do desempenho; (f) os tipos de manutenção (por instalação ou por equipamentos) que originem os seus planos de manutenção; (g) os procedimentos para a execução da manutenção; e (h) os sistemas de manutenção e sistemas de uso da informação.

2.3 OS OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO

A partir das políticas de manutenção formuladas podem ser delineados os objetivos que ajudam a gestão da manutenção a estabelecer as metas de desempenho (e os *benchmarks*) para os resultados desejados pela organização (MUCHIRI *et al.*, 2011).

Nessa direção, Coetzee (2004) descreve os objetivos da manutenção em termos de:

- Níveis máximos economicamente viáveis de disponibilidade para a produção a fim de maximizar a contribuição à lucratividade da empresa;
- Níveis altos de confiabilidade em sistemas e equipamentos para garantir suficiente capacidade de operação, uma vez que um baixo nível de confiabilidade levará a alta proporção de paralisações;
- Níveis adequados de operacionalidade dos sistemas e equipamentos, ou seja, da capacidade em sustentar taxas de produção apropriadas;
- Otimização do custo com ênfase nos custos de longo prazo, pois quaisquer atividades relacionadas à manutenção serão executadas se forem aceitáveis as suas implicações no custo da manutenção.

Campbell e Reyes-Picknell (2006) sintetizam o propósito principal do trabalho dos gestores da manutenção em sustentar a capacidade de produção dos equipamentos de modo que as empresas possam gerar receita a um custo razoável. Nesse sentido, o verdadeiro trabalho dos gestores é sustentar a função dos equipamentos e não o equipamento em si.

Muchiri *et al.* (2011) expressam os objetivos da manutenção nas organizações manufatureiras de modo que assegurem:

- A funcionalidade (disponibilidade, confiabilidade e qualidade do produto);
- O alcance da vida projetada para uma planta industrial;
- A segurança da planta industrial e do ambiente;
- A eficácia do custo em manutenção;
- O uso efetivo de recursos (energia e matérias primas).

Na perspectiva de um adequado sistema de gestão da manutenção (SGM) para as empresas do setor da manufatura, conforme estabelecido na norma técnica europeia EN 13306 (BSI, 2017), os objetivos da manutenção são, geralmente, representados em termos de disponibilidade, redução dos custos, qualidade do produto, proteção ambiental e segurança.

As exposições de Coetzee (2004), Campbell e Reyes-Picknell (2006) e Muchiri *et al.* (2011), bem como a EN 13306 (BSI, 2017), refletem a compreensão quanto aos objetivos da manutenção associados fundamentalmente aos resultados da função manutenção nas dimensões técnica e econômica.

2.4 OS TIPOS DE MANUTENÇÃO

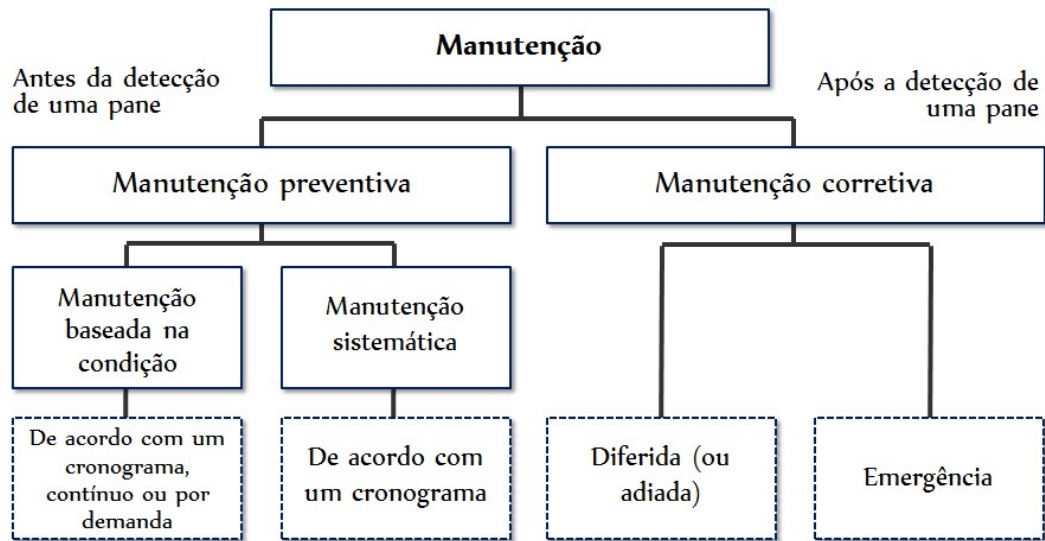
Com os objetivos da manutenção estabelecidos, a gestão da manutenção se obriga a analisar quais são as atividades de manutenção que devem ser realizadas e como considerá-las (ARTS; KNAPP; MANN, 1998). Portanto, como defendido por Muchiri *et al.* (2011), é necessário compor um tipo de manutenção que ajude a decidir onde e como pode ser executado.

Na indústria manufatureira, os tipos de manutenção podem ser classificados em relação ao momento da detecção da falha (ou da pane) em um item, distinguidos fundamentalmente entre a manutenção corretiva e preventiva, com o que se esquamatizam na Figura 1.

Na EN 13306 (BSI, 2017), os tipos de manutenção estão distinguidos em:

- A manutenção preventiva que é realizada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos com a intenção de reduzir a probabilidade de falha ou de degradação do funcionamento de um item;
- A manutenção baseada na condição que se refere à manutenção preventiva com base no desempenho e/ou num parâmetro de monitoramento e as ações subsequentes;

Figura 1 – Tipos de manutenção empregados em empresas manufatureiras



Fonte: EN 13306 (BSI, 2017).

- A manutenção preditiva que corresponde à manutenção baseada na condição, sendo realizada seguindo uma previsão obtida pela análise e avaliação dos parâmetros significantes de degradação de um item;

- A manutenção sistemática que corresponde à manutenção preventiva realizada de acordo com intervalos de tempo estabelecidos ou a quantidade de unidade de uso, mas sem a investigação prévia das condições;

- A manutenção corretiva que consiste nas atividades realizadas após o reconhecimento da pane e tem por fim colocar um item em um estado no qual pode executar uma função requerida;

- A manutenção diferida (ou adiada) que corresponde à manutenção corretiva que não é imediatamente realizada após a detecção da pane, mas é adiada ou atrasada de acordo com determinadas regras de manutenção;

- A manutenção de emergência que corresponde à manutenção corretiva realizada imediatamente após a detecção da pane a fim de evitar consequências inaceitáveis.

As características principais destes tipos são:

- A manutenção corretiva é evidenciada por Slack, Chamber e Johnston (2009) por ser empregada nas situações em que há facilidade na execução da manutenção, quando a manutenção preventiva é dispendiosa ou quando a falha não é previsível de forma alguma. Isto é, a falha tem a mesma probabilidade de ocorrer antes ou depois da atividade de manutenção. Reconhecida como *run-to-failure*, corresponde à situação em que apenas atividades de manutenção de rotina são executadas até o item falhar. Tsang (2002) justifica sua adoção quando o impacto da

falha é inconsequente ou o custo das atividades de manutenção preventivas excede os benefícios esperados de melhoria da confiabilidade ou da maior disponibilidade. Kardec e Nascif (2012) argumentam que a utilização do tipo corretivo pode implicar em perdas diretas de produção, de qualidade do produto e indiretas, além de poder afetar a segurança e o meio ambiente. As quebras aleatórias podem, ainda, provocar consequências graves nos demais itens de uma planta industrial, com aumento da extensão dos danos, principalmente, naquelas em que predominam os processos contínuos de produção;

- A manutenção preventiva é utilizada quando o custo da falha não planejada é alto e quando a falha não é totalmente aleatória (SLACK; CHAMBER; JOHNSTON, 2009). Kardec e Nascif (2012) descrevem-na com base no conhecimento prévio das atividades, o que permite uma boa condição de gerenciamento das mesmas e o nivelamento dos recursos, além de previsibilidade de consumo de materiais e sobressalentes;

- A manutenção preditiva, por predizer as condições dos itens, tem por função reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva, além de permitir a operação contínua do item (equipamento) pelo maior tempo possível, privilegiando a disponibilidade (KARDEC; NASCIF, 2012).

Tais tipos de manutenção não são aplicados de maneira isolada, mas geralmente é adotado uma combinação deles. Nesse sentido, o critério para decidir qual tipo empregar é, usualmente, a análise do impacto do custo da manutenção dos itens mais críticos à produção para a organização, levando em conta não apenas o custo direto associado à realização das atividades de manutenção, mas o custo indireto com a interrupção da produção, além das questões técnicas inerentes. Assim, o equilíbrio entre a manutenção corretiva e a preventiva, segundo Slack, Chamber e Johnston (2009), é estabelecido para minimizar o custo total das paradas de produção.

Todavia, há métodos para ajustar o tipo mais adequado às circunstâncias da manutenção dos itens (ou sistemas) mais importantes à produção, destacando-se a manutenção centrada na confiabilidade (RCM), a manutenção produtiva total (TPM) e a análise do custo do ciclo de vida (LCC).

Vale destacar, como Wireman (2005) afirma, que estabelecer o tipo para o departamento de manutenção é um passo fundamental para desenvolver os IDs, visto que sem um tipo definido não se pode medir o desempenho da manutenção.

2.5 O PLANO DE MANUTENÇÃO

Estabelecidos os tipos de manutenção, cabe ao gestor planejar e programar as atividades de manutenção. A ação de planejar resulta na elaboração do programa ou plano de manutenção como uma das principais ferramentas de gestão das atividades de manutenção.

O plano de manutenção consiste, portanto, de um conjunto estruturado de serviços incluindo os procedimentos, os recursos e a duração necessária para realizar a manutenção, como definido na norma técnica EN 13306 (BSI, 2017).

2.6 AS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção correspondem às intervenções com a intenção de manter ou restabelecer as condições físicas e funcionais a um nível especificado, prevenir as falhas ou mitigar os resultados dessas falhas, de acordo com o plano de manutenção. As principais atividades de manutenção estão definidas na EN 13306 (BSI, 2017), em:

- A manutenção de rotina é a atividade elementar e regular ou repetitiva de manutenção que não exige qualificação, autorização ou ferramentas especiais. Por exemplo, a limpeza, aperto de conexões, avaliação do nível de líquidos, lubrificação;

- O reparo é a atividade executada para manter a função requerida de um item em pane;

- A melhoria é a atividade destinada a melhorar a operação de um item sem modificar sua função requerida;

- A modificação é a atividade destinada a modificar a função de um item, mas que não significa a substituição por um item equivalente;

- A reconstrução é a ação realizada após a desmontagem de um item e a reparação ou substituição das partes que estão atingindo o final da vida útil e/ou do período regular de substituição. Tem por objetivo aumentar a vida útil de um item além da original. A reconstrução difere da revisão, uma vez que as atividades podem incluir modificações e/ou melhorias;

- A revisão é um conjunto abrangente de inspeções e ações realizadas a fim de manter o nível requerido de disponibilidade e segurança de um item. A revisão pode ser realizada em intervalos de tempo predeterminados ou por certo número de operações e que pode necessitar da desmontagem parcial ou total do item;

- A inspeção que consiste na avaliação da conformidade por meio de medição, observação, teste ou aferição das características relevantes de um item, podendo ser realizada antes, durante ou depois da execução de outra atividade de manutenção;

- O monitoramento é a atividade realizada manualmente ou automaticamente com a intenção de observar o estado atual de um item em operação. O monitoramento pode ser contínuo, em intervalos de tempo ou após um determinado número de operações. Distingue-se da inspeção pelo fato de ser utilizada para avaliar qualquer mudança nos parâmetros do item com o tempo.

2.7 A GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA MANUFATUREIRA

A gestão da manutenção consiste, de acordo com a norma técnica EN 13306 (BSI, 2017), em todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, os tipos e as responsabilidades.

Há, atualmente, consenso na literatura que a manutenção praticada na indústria da manufatura pode ser compreendida a partir de processos que transformam *inputs* em *outputs*. E, há também concordância que um sistema de gestão da manutenção (SGM) deve estar orientado para a melhoria contínua em conformidade com o ciclo PDCA (ou ciclo de Deming).

Todavia, há divergências no que diz respeito à composição de um adequado SGM e, por essa razão, este aspecto é explorado nesta seção. Além disso, as discussões a cerca dos diferentes modelos conceituais para representar um SGM auxiliam a indentificar os requisitos de um SGM.

Os modelos para o SGM mais referenciados na literatura estão discutidos a seguir.

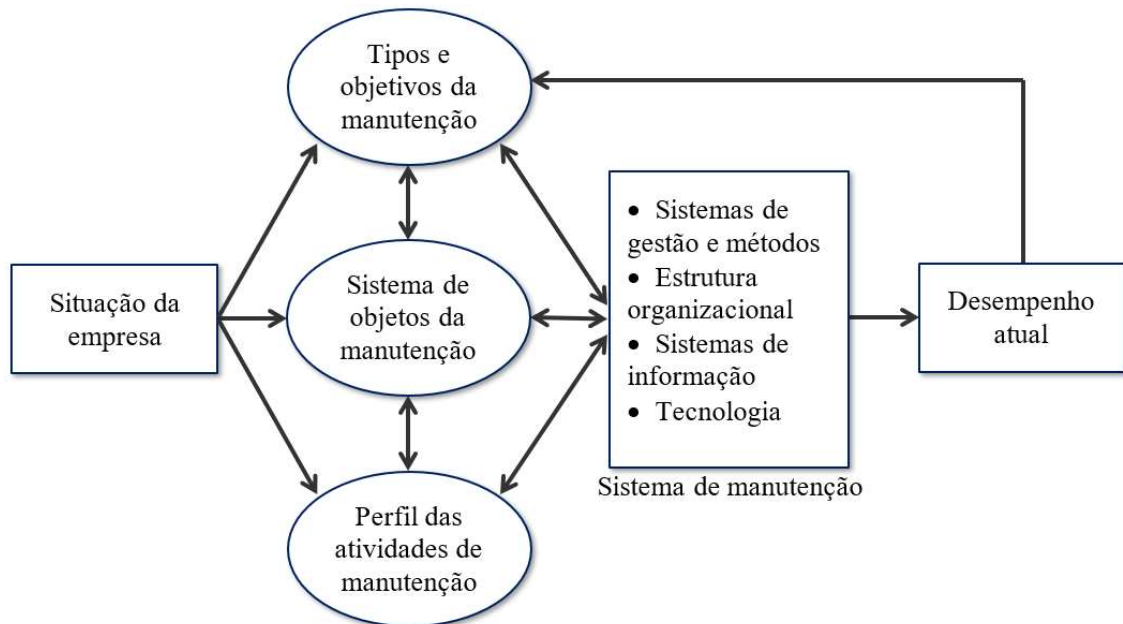
2.7.1 O Modelo de Riis *et al.*

O modelo de Riis *et al.* (1997) está baseado nos conceitos da manutenção produtiva total (TPM) e foi elaborado para servir, principalmente, como instrumento de análise para os sistemas de manutenção existentes.

Riis *et al.* (1997) propõem um modelo construído com base na interação dinâmica entre as estratégias e as metas da manutenção declaradas, a delimitação do sistema objeto de manutenção (área focal) e o perfil das atividades de manutenção que impactam nos elementos do sistema de manutenção, como representado na Figura 2. O modelo é composto por:

- Os tipos e os objetivos da manutenção, que refletem as prioridades da gestão superior da organização e o estabelecimento da necessidade de manutenção, podendo ser apresentados em níveis gerenciais (objetivos estratégicos, táticos e operacionais);

Figura 2 – Modelo para a gestão da manutenção



Fonte: Riis *et al.* (1997).

- O sistema objeto de manutenção. Os objetos sujeitos à manutenção podem ser desde um componente de uma máquina, um equipamento, uma célula de produção ou um sistema de produção completo. Esta hierarquia de objetos corresponde aos níveis organizacionais (gestão superior, funcional, supervisão e operacional);

- O perfil das atividades de manutenção, em que são definidos doze campos de gestão das atividades de manutenção baseados na visão do sistema de manutenção como um sistema de produção em que os resultados são os serviços de manutenção. As atividades são agrupadas nas dimensões técnica, humana e econômica, conforme se apresenta no Quadro 1;

- O sistema de manutenção é composto por elementos formais e informais. Os elementos formais são os sistemas e métodos de gestão, a estrutura organizacional, os sistemas de informação e a tecnologia necessária para implementar as atividades de manutenção. Os elementos informais correspondem aos agentes (gestores, operadores, técnicos) que realizam as funções da manutenção, que agem e decidem segundo seu conhecimento, experiência e motivação e à cultura corporativa, que captura a aprendizagem coletiva e informal ocorrida na organização;

- A medição do desempenho atual e a comparação contra os estabelecidos pela organização, fornecendo a base para as ações de melhoria e a modificação do tipo e objetivos.

Quadro 1 – Perfil das atividades de manutenção

Dimensão	Gestão	Atividades
Técnica	Produtos da manutenção	Especificação dos diferentes tipos de serviços e produtos a partir da função manutenção. A especificação se dá em relação a cada sistema da planta fabril.
	Qualidade dos produtos da manutenção	Especificação da qualidade das atividades de manutenção. Relatórios de qualidade, certificações, decisão sobre padrões de manutenção, etc.
	Métodos de execução das atividades de manutenção	Especificação dos métodos, padrões de tempo, relação entre as atividades de manutenção, etc.
	Recursos da manutenção	Equipamentos, contratação de serviços, informações sobre novos equipamentos, capacidade dos equipamentos, controle de utilização, etc.
	Materiais	Planejamento do almoxarifado (peças sobressalentes), armazenagem, relação com fornecedores, etc.
	Controle das atividades de manutenção	Programação das atividades de manutenção, evolução dos trabalhos, planejamento da mão de obra, etc.
Humana	Relações internas	Relação com outros departamentos, especialmente a produção.
	Relações externas	Relação com a parte externa, especialmente as relacionadas com o meio ambiente e a segurança. Contato com autoridades locais, imprensa, sindicatos, clientes, fornecedores, etc.
	Organização	Concepção da organização, seleção de pessoal, relação entre grupos de especialistas.
Econômica	Estrutura da manutenção	Divisão das atividades de manutenção, responsabilidade das atividades, relação com sistema de contabilidade, especificações (desenhos, documentação), etc.
	Custos e investimentos	Estimativa de custos, orçamentos, fluxo de caixa, contabilidade da função manutenção. Investimento na planta fabril e financiamentos.
	Economia da produção	Economia da produção <i>versus</i> economia da manutenção, relação custo-benefício da manutenção.

Fonte: Riis *et al.* (1997).

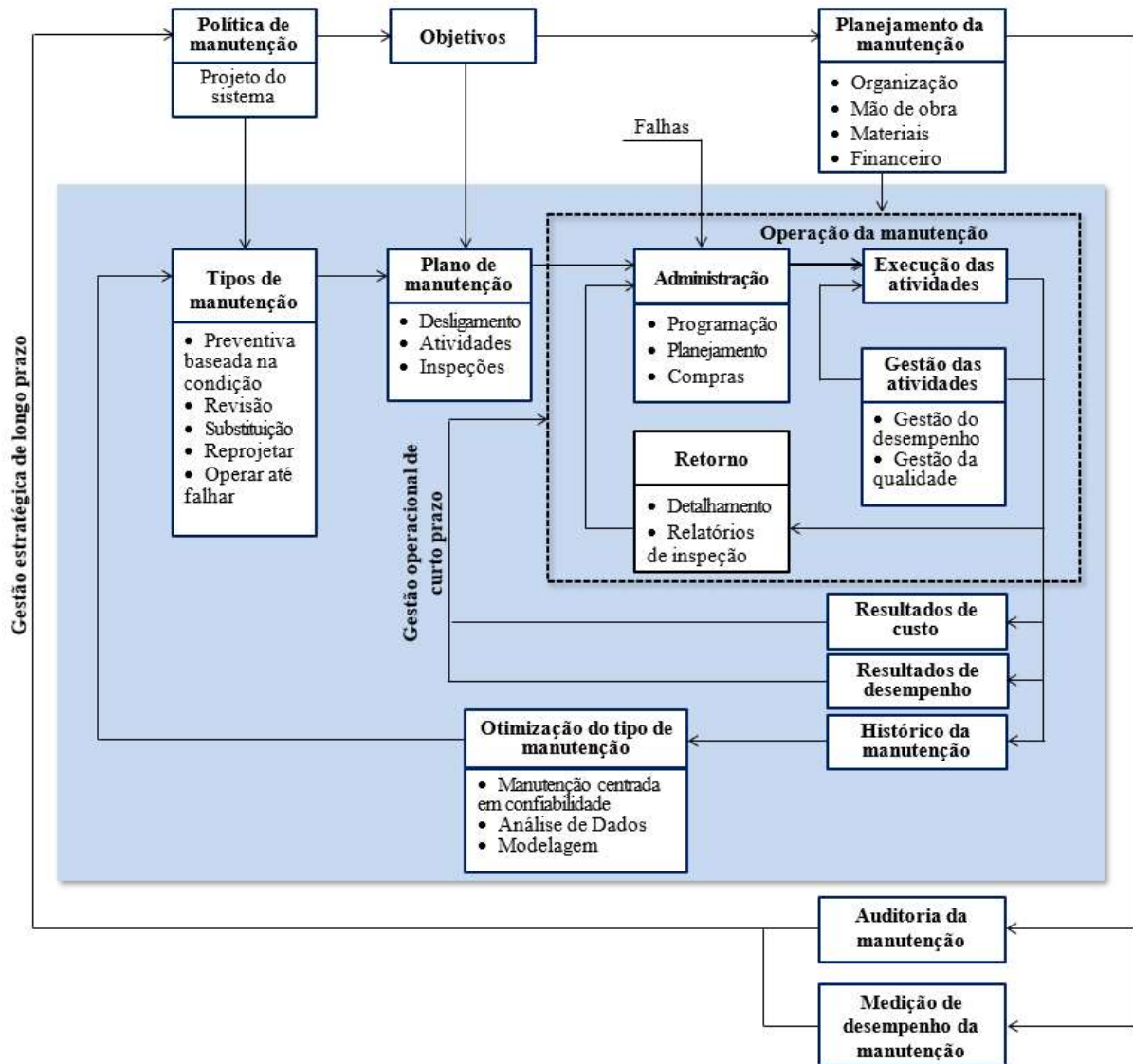
2.7.2 O Modelo de Coetzee

Coetzee (2004) descreve a gestão da manutenção formada por dois ciclos principais de processos, como esquematizado na Figura 3. O autor fundamenta-se no modelo de manutenção apresentado por Geraerds (1992), também identificado na literatura por modelo EUT (*Eindhoven University of Technology*) de manutenção.

O ciclo externo (fora do quadro realçado em azul na Figura 3) é composto por processos fundamentalmente gerenciais e que envolvem a manutenção de maneira global. O ciclo interno (dentro do quadro realçado) compreende os processos técnicos e operacionais. Há uma integração entre os ciclos externo e interno visto que não ocorrem de maneira isolada.

O ciclo externo define o escopo dentro do qual ocorrem os processos do ciclo interno. Por sua vez, os resultados dos processos do ciclo interno são os indicadores do desempenho da política de manutenção adotada e que afetam o seu conteúdo, os objetivos e o planejamento da manutenção do ciclo exterior. De acordo com Coetzee (2004), os dois ciclos não representam níveis diferentes de gestão e/ou de equipe operacional.

Figura 3 – Modelo para a gestão da manutenção



Fonte: Coetzee (2004).

O ciclo externo gerencial do modelo de Coetzee (2004) consiste em cinco principais processos, cuja repetição do ciclo é realizada numa frequência geralmente anual. Os processos são:

- A formulação da política de manutenção como direcionadora do departamento de manutenção. A política de manutenção impacta em todo o ciclo e deve, por esta razão, afirmar a posição da organização em cada um destes processos;
- A definição dos objetivos da manutenção, estruturados na política de manutenção;
- O planejamento da manutenção. Baseado na política e nos objetivos da manutenção, a equipe de gestão da manutenção planeja o funcionamento da organização de manutenção levando em conta o tipo de estrutura organizacional, os recursos humanos (internos e/ou

externos), os recursos materiais (tipos e quantidades), os planos de melhoria das instalações, financiamentos e orçamentos;

- A auditoria da manutenção. A auditoria consiste na inspeção dos equipamentos e instalações (*hard audit*) e na análise da capacidade do departamento de manutenção (*soft audit*) em garantir que serão atingidos os resultados exigidos pela política e objetivos da manutenção. A comparação do estado dos itens e a situação da organização de manutenção contra uma condição predefinida possibilita apontar para as melhorias necessárias;

- A medição do desempenho da manutenção, com a utilização de indicadores de desempenho que mostram o sucesso com que são perseguidas as políticas de manutenção.

Já o ciclo interno do modelo de Coetzee (2004) compreende dois processos principais: o planejamento; e a operação da manutenção.

O planejamento da manutenção inclui os seguintes subprocessos:

- A seleção do tipo de manutenção, por instalação, equipamento ou cada componente relevante. O método mais utilizado é a manutenção centrada na confiabilidade (RCM) combinada com uma análise estatística de falha para entender os modos de falha;

- A elaboração do plano de manutenção. Para cada equipamento elabora-se um plano de manutenção combinando os vários tipos de manutenção em unidades de atividades com frequências especificadas;

- A otimização do tipo de manutenção. Os tipos de manutenção selecionadas podem ser otimizadas regularmente (normalmente anual) baseadas no histórico dos equipamentos. Para tanto, podem ser utilizados diversos métodos, como a manutenção centrada na confiabilidade (RCM), a análise de dados da manutenção e a modelagem matemática.

A operação da manutenção é composta pelos subprocessos que seguem:

- A administração da manutenção. Envolve todos os aspectos relacionados ao planejamento e programação das atividades de manutenção, bem como a documentação e o retorno de dados sobre tais atividades;

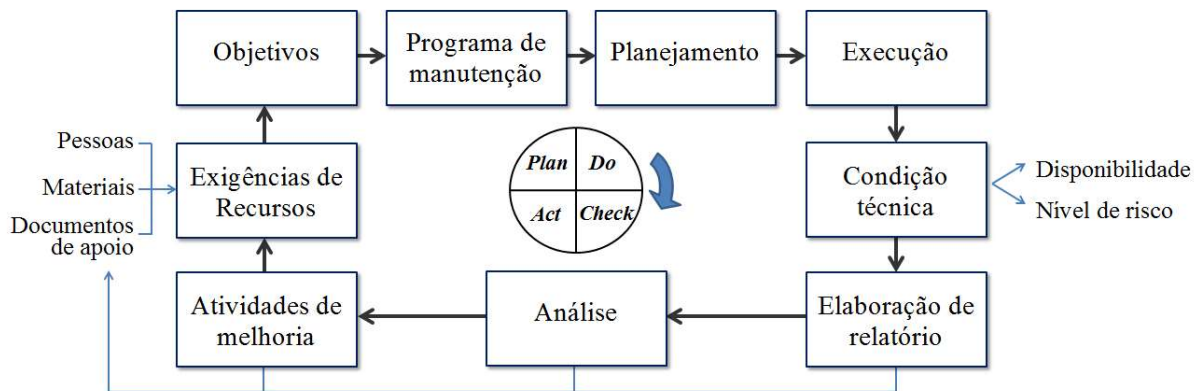
- A execução das atividades de manutenção. Refere-se à implementação das atividades de manutenção conforme as especificações contidas nas ordens de trabalho;

- A gestão das atividades de manutenção. Diz respeito à supervisão e controle das atividades de manutenção que incluem questões como controle de qualidade, acompanhamento das atividades, requisição, priorização, gestão de *backlog*, gestão de eficiência do trabalho, controle do orçamento, gestão de segurança, gestão da limpeza e gerenciamento das instalações.

2.7.3 O Modelo de Parida

Parida (2006) delinea os processos também se baseando no ciclo PDCA para a gestão da manutenção, assim como representa os tipos e o fluxo de informações necessárias para administrar a manutenção, como apresentado na Figura 4. O autor fundamenta-se no modelo inicialmente proposto para utilização em empresas pretolíferas norueguesas (NPD, 1998).

Figura 4 – Modelo para a gestão da manutenção



Fonte: Parida (2006).

No modelo de Parida (2006), os objetivos da manutenção norteiam os processos de planejamento e programação das atividades de manutenção, levando em conta as condições técnicas e as necessidades de recursos. Na sequência, o plano de manutenção é implementado no processo de execução das atividades de manutenção. Após executado, a coleta de dados relacionados à condição técnica dos equipamentos oportuniza a elaboração de relatórios que permitem analisar o desempenho e a melhoria dos processos, retroalimentando o processo de manutenção.

2.8 A MEDIÇÃO DO DESEMPENHO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO

A medição do desempenho é um processo chave da gestão de qualquer organização. Neely *et al.* (2005) definem a medição do desempenho como o processo para quantificar a ação, onde o processo de quantificar é a medição e a ação leva ao desempenho. Para tanto, utiliza-se de um sistema de medição do desempenho (SMD) que corresponde a um conjunto de IDs para quantificar a eficiência e a eficácia das ações. A eficácia se refere à extensão em que os requisitos dos usuários são atendidos, enquanto a eficiência é uma medida de quão economicamente os recursos da organização são utilizados ao fornecer um determinado nível de satisfação do

usuário. Como advogam Muchiri *et al.* (2011), da mesma ordem um SMD é aplicável na gestão da função manutenção.

Garg e Deshmukh (2006) argumentam que, no passado, a medição do desempenho da manutenção limitou-se a relatórios orçamentários, tendo a dificuldade em relatar o desempenho da manutenção como uma das causas. A dificuldade em relatar o desempenho da manutenção foi identificada por Pintelon e Van Puyvelde (1997) que, por estar associada à função de serviço à produção, os méritos e as falhas da manutenção não são imediatamente observados. Outra razão apontada está no fato dos gestores da manutenção terem acesso a muitos dados, mas raramente recebem a informação que necessitavam. Em geral, esses dados são coletados em fontes diferentes, que muitas vezes estão desestruturadas e desagregadas, o que torna demorado e difícil o trabalho de processamento dos dados em uma informação útil para a gestão da manutenção.

Ainda hoje, adotam-se os tipos de SMDs identificados por Pintelon e Van Puyvelde (1997), distinguidos pela quantidade e o modo de representar os IDs, como apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Tipos de sistemas de medição de desempenho

Sistema	Vantagem	Desvantagem
Indicador de desempenho global	Muito popular (compacto)	Difícil análise devido a forte agregação
Conjunto de indicadores de desempenho	Mais completo	Nem sempre possível uma avaliação clara
Lista estruturada de indicadores de desempenho	Padronizado	Nem sempre possível o acompanhamento

Fonte: Pintelon; Van Puyvelde (1997).

O SMD baseado no ID global permite medir o desempenho da manutenção por meio de um único valor, agregando vários fatores relevantes à manutenção. Como exemplo típico desse sistema, o ID obtido pela razão do custo anual de materiais, mão de obra e serviços terceirizados sobre o orçamento anual da manutenção, expresso em %. A medição com um ID global tem a vantagem de sua compacidade, sendo muito populares devido a isso. Entretanto, a forte agregação dos fatores envolvidos pode prejudicar a análise do desempenho da manutenção. Tomando o exemplo citado, o aumento do custo da mão de obra e uma redução proporcional no custo dos materiais não provocam um efeito no resultado obtido para o ID, o que torna difícil entender o que aconteceu exatamente.

Com relação ao SMD que utiliza um conjunto de IDs, cada indicador destaca uma perspectiva da manutenção, o que leva a uma visão mais completa da manutenção. Porém, nem sempre permitem uma medição precisa devido à falta de um quadro estruturado.

Quanto ao SMD composto por uma lista estruturada de IDs, diferentes aspectos da manutenção são medidas ao mesmo tempo, sendo que para cada aspecto há um conjunto de IDs que expressam os diferentes fatores que impactam no seu desempenho. Por outro lado, Stenström *et al.* (2013) argumentam que o ser humano só pode monitorar um número limitado de IDs. Muitos IDs podem levar ao maior nível de detalhamento, mas que podem impactar na precisão da medição. Conseqüentemente, torna-se necessária a identificação dos IDs mais importantes e a agregação de alguns fatores. Contudo, deve-se cuidar com essa agregação uma vez que pode esconder fatores subjacentes que explicam o desempenho observado. A relação causal entre os IDs tenta resolver esse problema.

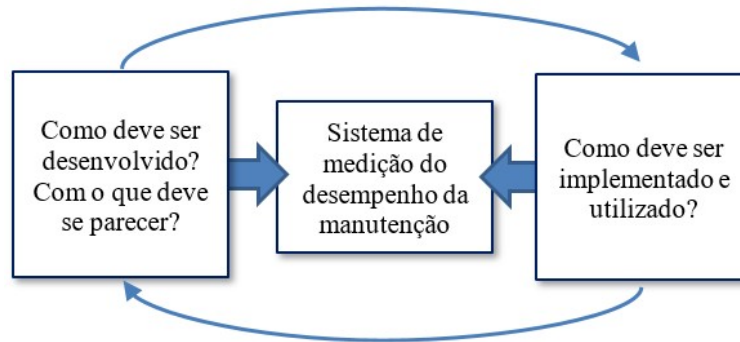
Neste trabalho de tese, buscou-se desenvolver o SMD constituído por numa lista estruturada de IDs, o que levou à discussão nessa direção.

O desenvolvimento de SMDs para a função manutenção não tem sido fácil, como apontou Kutucuoglu *et al.* (2001) a partir da revisão da literatura que realizaram sobre o assunto. Os autores justificam essa situação devido à natureza complexa da manutenção. Por esse motivo, defendem que o desenvolvimento de um SMD para a manutenção não pode ser conseguido com a visão tradicional, exigindo a combinação de diferentes ferramentais, disciplinas e ideias.

Um SMD é constituído por três etapas conceituais, de acordo com Bourne *et al.* (2000): (i) a concepção; (ii) a implementação; e (iii) a atualização do uso dos IDs. A primeira etapa refere-se ao projeto dos IDs, subdividida em identificação dos objetivos-chave a serem medidos e a seleção dos IDs para medi-los. A segunda etapa está relacionada à implementação dos IDs, ou seja, os procedimentos são colocados em prática a fim de coletar e processar os dados que permitam a medição do desempenho de maneira regular. Na terceira etapa são avaliadas as modificações nos IDs com o propósito de atingir os objetivos desejados para a medição de desempenho da organização.

A etapa da concepção do SMD é o foco neste trabalho de tese, que leva à construção do sistema de IDs pretendido. Parida e Kumar (2006) sugerem responder as questões básicas representadas na Figura 5.

Figura 5 – Questões envolvidas no desenvolvimento de um sistema de medição de desempenho da manutenção



Fonte: Parida; Kumar (2006).

Essas questões básicas norteiam as pesquisas no desenvolvimento da medição do desempenho da função manutenção. Ao aprofundarem as investigações sobre o assunto, as questões específicas formuladas pelos pesquisadores, conforme levantamento da literatura realizado por Parida (2006), são:

- Com relação ao tipo de manutenção. Como avaliar e responder às necessidades dos *stakeholders* (internos e externos)? Como traduzir a estratégia corporativa em metas e objetivos no nível operacional? Como integrar os resultados do nível operacional com os IDs no nível corporativo? Como apoiar a inovação e o treinamento dos funcionários para viabilizar uma cultura orientada para a medição do desempenho da manutenção?

- Com relação ao desenvolvimento da medição de desempenho. Como alinhar o SMD à estratégia corporativa? Por que é necessário desenvolver um SMD confiável? O que deve ser medido? Por que deve ser medido? Como deve ser medido? Quando deve ser medido? O que deve ser relatado? Quando, como e para quem? Como estabelecer a responsabilidade em vários níveis?

- Com relação à medição. Como selecionar os IDs corretos para medir o desempenho da manutenção? Como coletar e analisar os dados relevantes? Como usar os relatórios do SMD para decisões preventivas e preditivas?

- Com relação à confiança da medição. Como aplicar a estratégia da medição do desempenho da manutenção corretamente para as melhorias? Como desenvolver uma cultura de medição de desempenho da manutenção em toda a organização? Como implementar um SMD em intervalos regulares? Como desenvolver e construir confiança nos IDs e no SMD nos vários níveis da organização?

- Como medir o impacto da medição do desempenho no desempenho organizacional?

- Como a organização podem manter o SMD em situações de mudanças?
- Como medir o impacto da melhoria da manutenção no lucro do negócio?

A revisão da literatura realizada por Kutucuoglu *et al.* (2001) identifica as seguintes características chave de um SMD da função manutenção, que são:

- O alinhamento vertical dos IDs para transferir os objetivos estratégicos aos diferentes níveis da hierarquia;
- Uma visão equilibrada do sistema de manutenção;
- A integração de medidas objetivas e subjetivas;
- Uma estrutura multifuncional;
- O envolvimento dos funcionários.

Além disso, o SMD deve ter uma estrutura flexível para ajustar-se as modificações da organização, quando necessário (PARIDA, 2006).

De acordo com Lavy, Garcia e Dixit (2010), a literatura sugere que os IDs devam ser classificados de maneira que sejam úteis a uma abordagem holística na avaliação do desempenho, mas também que possam avaliar qualquer fator específico. Levando em conta que o desempenho da função manutenção pode ser compreendido e medido por diversos aspectos, a literatura revelou as diferentes maneiras para a classificação dos IDs, como apresentados no Quadro 3.

Das classificações para os IDs da manutenção apresentadas no Quadro 3, cabe discutir a recomendada por Hronec (1994), Weber e Thomas (2005), Muchiri *et al.* (2011) e Kumar *et al.* (2013). Os autores classificam os IDs em dois grupos principais: (i) os IDs dos processos, ou *leading indicators*; e (ii) os IDs de *output*, ou *lagging indicators*. Os *leading indicators* monitoram as atividades de manutenção que estão sendo executadas a fim de avaliar se levarão aos resultados desejados (MUCHIRI *et al.*, 2011). Portanto, como salienta Hronec (1994), possibilitam a previsão e a resolução de problemas e, dessa forma, permitam que os gestores sejam capazes de intervir nos processos da manutenção a fim de controlá-los e melhorá-los. Por sua vez, os *lagging indicators* reportam os resultados dos processos. Na gestão da manutenção, conforme Muchiri *et al.* (2011), eles são utilizados para medir os resultados em termos de desempenho dos equipamentos, resumidos em confiabilidade, disponibilidade e operacionalidade, e dos custos da manutenção.

Quadro 3 – Critérios e classes dos indicadores de desempenho da manutenção

Fonte	Critério para classificação	Classe
Hronec (1994); Weber e Thomas (2005); Muchiri <i>et al.</i> (2011); Kumar <i>et al.</i> (2013)	Causas e efeitos da manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Processos (<i>leading indicators</i>); • Resultados (<i>lagging indicators</i>), como a confiabilidade, disponibilidade e operacionalidade, custos da manutenção.
Pintelon e Van Puyvelde (1997); Arts, Knapp e Mann (1998); Wireman (2005); Parida (2006); Galar <i>et al.</i> (2011); Kumar <i>et al.</i> (2013)	Percepção do desempenho da manutenção dos diferentes pontos de vista dos <i>stakeholders</i> ou níveis hierárquicos gerenciais	<ul style="list-style-type: none"> • Estratégico; • Tático; • Operacional.
Kutucuoglu <i>et al.</i> (2001)	Fatores de impacto no desempenho da manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento; • Serviço; • Custo; • Aprendizagem e crescimento; • Impacto imediato no cliente.
Coetzee (2004)	Resultados da manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Produtividade; • Objetividade operacional; • Custo.
Wireman (2005)	Níveis de visão da empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Corporativo; • Financeiro; • Eficiência e eficácia; • Tático; • Desempenho operacional.
Campbell e Reyes-Picknell (2006)	Elementos da manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento. Por exemplo, disponibilidade, confiabilidade; • Custo. Por exemplo, manutenção, mão de obra, material; • Processo. Por exemplo, a relação entre planejado e não planejado, atendimento ao cronograma.
Kumar <i>et al.</i> (2013)	Facilidade de medição do desempenho: acessibilidade e confiabilidade das fontes de dados	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Hard</i>, que são mensuráveis por meio de coleta de dados em sistemas informatizados CMMS ou ERP. Por exemplo, tempo e custo; • <i>Soft</i>, que são afetados por fatores humanos e que, normalmente, não estão quantificados em registros. Por exemplo, treinamento das equipes de manutenção.
EN 15341 (BSI, 2019)	Dimensões principais da função manutenção que se referem aos aspectos de eficácia e eficiência	<ul style="list-style-type: none"> • Técnico (eficácia); • Econômico (eficiência); • Organizacional (eficiência).

Fonte: O autor (2021).

Muchiri *et al.* (2011) defendem que os *leading indicators* são ainda mais importantes do que *lagging indicators*, pois o primeiro grupo tem o potencial para evitar situações desfavoráveis de ocorrência da função manutenção. Assim, classificar os IDs do tipo *leading* ou *lagging* justifica-se pelo fato de que um objetivo importante para o SMD é estabelecer a relação lógica entre os IDs que podem ser vistos como as causas e os IDs como os efeitos (JONSSON; LESSHAMMAR, 1999).

Também vale ressaltar sobre a classificação dos IDs relacionada aos níveis hierárquicos gerenciais. A percepção do desempenho da manutenção dependerá dos diferentes pontos de vista dos *stakeholders*, uma vez que, como afirmam Pintelon e Van Puyvelde (1997), a alta administração da organização estará mais interessada no desempenho orçamentário, os engenheiros terão foco nas técnicas, o pessoal da produção avaliará o desempenho em termos de disponibilidade de equipamentos e capacidade de resposta. Portanto, os IDs interessam aos três níveis hierárquicos gerenciais: estratégico; tático; e operacional (ARTS; KNAPP; MANN, 1998; PARIDA, 2006).

Kumar *et al.* (2013) defendem relacionar os IDs com os três níveis gerenciais na medida em que identifica o usuário final e envolve uma pessoa responsável em ações de melhoria contínua. Nesse sentido, cabe salientar as funções básicas da medição do desempenho apontadas por Cupello (1994), em:

- Planejar: os IDs estão relacionados ao nível estratégico e se destinam a verificar se a organização está atingindo seu plano estratégico;
- Induzir: os IDs são de responsabilidade da gestão intermediária e tem por objetivo medir se as áreas funcionais da organização dão suporte ao plano estratégico;
- Controlar: os IDs estão relacionados ao nível operacional e, portanto, referem-se ao desempenho de funcionários, máquinas, produtos, serviços e processos;

Wireman (2005), Parida (2006), Galar *et al.* (2011) e Kumar *et al.* (2013) igualmente recomendam a utilização de IDs relacionados aos níveis gerenciais, uma vez que se um ID mostra um problema, o próximo nível mais baixo de IDs deve definir e clarear a causa desse problema.

Há diversos métodos apresentados e discutidos na literatura para o desenvolvimento de SMD da função manutenção. Pode-se citar o sistema proposto por Tsang, Jardine e Kolodny (1999) que discute a utilização do *balanced scorecard* (BSC). Dwight (1999) propõe a medição do desempenho da manutenção em termos de mudança no valor, onde o valor é normalmente expresso como o valor presente líquido (NPV) de um fluxo de caixa. Kutucuoglu *et al.* (2001) propõe um SMD da manutenção que emprega o método do desdobramento da função qualidade

(QFD) composto por três estágios. No primeiro estágio são identificados e alinhados os IDs por meio da determinação dos elementos críticos de desempenho e a atribuição de um valor de acordo com a sua contribuição para o sucesso do negócio da organização. No segundo estágio são selecionadas as medidas unitárias específicas para a medição. No terceiro e último estágio são realizadas a medição do desempenho e a avaliação contra a meta para cada medida unitária específica.

Parida (2006) desenvolve um *framework* multicritério e hierárquico para estruturar a medição do desempenho, abrangendo: os processos e equipamentos; o custo; as atividades de manutenção; a aprendizagem e inovação; a satisfação dos usuários; a saúde, segurança e meio ambiente; e a satisfação dos funcionários do departamento de manutenção.

Kumar *et al.* (2013) afirmam, ainda, que há dois elementos importantes envolvidos na medição do desempenho da função manutenção: as pessoas; e os modelos matemáticos. As pessoas fornecem informações sobre o comportamento e os vínculos com a organização. Os modelos matemáticos fornecem informações sobre a eficácia e a eficiência relacionadas ao custo ou tempo. A combinação desses dois elementos leva ao alcance da eficiência, eficácia e envolvimento do *staff* da manutenção.

Parida *et al.* (2015) defendem que a construção do SMD da manutenção pode ser realizada por meio da identificação, desenvolvimento e implementação de adequados IDs quantitativos e qualitativos. A seleção dos IDs é, para Cabral (2013), o processo mais sutil e, para isso, recomenda empregar os IDs teóricos de manutenção e os IDs estabelecidos nas normas técnicas EN 15341 (BSI, 2019) e EN 13306 (BSI, 2017). Contudo, ainda vale a recomendação de Arts, Knapp e Mann (1998) destacada por vários autores na literatura, de que os IDs precisam ser diferentes para diferentes indústrias e essa diferença gera a necessidade de produzir outros IDs.

A norma técnica europeia EN 15341 (BSI, 2019) propõe um método prático para selecionar e utilizar os IDs. Inicialmente, a seleção dos IDs consiste em definir os objetivos da manutenção para cada nível hierárquico da organização. Assim, para o nível superior da organização, os objetivos estão atrelados à capacidade da manutenção em melhorar o seu desempenho global (lucro, participação do mercado e competitividade). No nível intermediário, associado à linha de produção, os objetivos da manutenção dizem respeito a melhoria da disponibilidade, a melhoria da rentabilidade da manutenção, a preservação da saúde, segurança e meio ambiente e o controle dos serviços terceirizados. No nível inferior, relacionado aos equipamentos ou máquinas, os objetivos da manutenção tratam da melhoria do controle da confiabilidade, custos e a manutenibilidade. Com os objetivos da manutenção definidos, são identificados os fatores da

manutenção a serem medidos que impactam no desempenho. O próximo passo é selecionar os IDs para medir esses fatores. Os IDs podem, então, ser selecionados dentre a lista existente na EN 15341 (BSI, 2019) e/ou utilizado outro método para selecionar que inicie por medir os processos da manutenção.

Quanto à implementação dos IDs, de acordo com a EN 15341 (BSI, 2019), é necessário definir com precisão os dados a serem coletados, o método e as ferramentas (documentos, sensores, analisadores, sistema assistido por computador). É necessário que os termos que definam esses dados correspondam às definições da EN 13306 (BSI, 2017) a fim de propiciar eventuais avaliações e comparações. A frequência de coleta de dados deve ser adaptada à disponibilidade dos dados e ao prazo de entrega dos relatórios, às variações do desempenho medido e à capacidade de resposta do sistema de medição às ações da organização.

2.9 OS INDICADORES DE DESEMPENHO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO

2.9.1 Medidas e Indicadores de Desempenho

Apesar do uso indistinto dos termos medidas (ou métricas) de desempenho e IDs por diversos autores na literatura, há diferença na nomenclatura para tratar da medição do desempenho.

Ho *et al.* (2000) destacam a diferença conceitual entre as medidas e os IDs quanto à utilização. As medidas são representações diretas da escala da organização (interna) enquanto os IDs são figuras que são comparáveis entre as organizações (externa). As medidas de desempenho são, portanto, as características diretamente mensuráveis como os recursos, as atividades e os eventos. Por sua vez, os IDs são obtidos a partir de uma relação matemática entre duas ou mais medidas. Tanto as medidas quanto os IDs podem medir resultados reais ou teóricos (esperados).

A implementação de medidas pode ser representada pela relação de duas ou mais unidades fundamentais para produzir uma nova unidade, desenvolvendo, em algumas aplicações, um ID. Assim, na norma europeia EN 15341 (BSI, 2019), o ID está definido como uma ou um conjunto de características medidas de um fenômeno por intermédio de uma fórmula, que permite avaliar a sua evolução.

Em comum, todas as medidas têm a exigência quanto ao rigor na definição operacional e nos procedimentos para a aquisição dos dados para que possam produzir IDs consistentes e confiáveis (CABRAL, 2013).

Como regra, observa-se que nos IDs a situação ou condição que se quer avaliar é posicionada no numerador em relação a outro fator no denominador. Não obstante, tanto o numerador como o denominador devem se referir ao mesmo bem, atividade e período.

2.9.2 Conceitos e Termos da Função Manutenção e dos Indicadores de Desempenho

Na manutenção das organizações manufatureiras são empregados regularmente termos que trazem conceitos e, por essa razão, merecem ser destacados por serem fundamentais ao desenvolvimento do trabalho de tese. Esses termos estão apresentados e discutidos nesta seção baseados na norma técnica europeia EN 13306 (BSI, 2017) e na brasileira ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994). Não obstante, tais normas possuem expressões idênticas para alguns termos. Além delas, também se utiliza o dicionário técnico publicado por Branco Filho (2006) e as definições, discussões e exemplificações de Cabral (2013).

2.9.2.1 Item e bem

O termo item é empregado para expressar a existência de um objeto construído (ou um conjunto de objetos) a ser mantido. Um item corresponde a qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente, podendo eventualmente incluir pessoas, como definido nas normas técnicas ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994) e EN 13306 (BSI, 2017). Já o termo bem assume uma conotação contábil, ou seja, é considerado como um item formalmente contabilizado.

Numa organização formada por vários níveis hierárquicos, como em uma instalação industrial composta por várias linhas de produção, em que cada linha é formada por diferentes máquinas montadas com componentes diversos, qualquer um destes níveis é considerado como um item para fins de gestão da manutenção. Um conjunto de itens forma um parque de itens, muitas vezes também denominado de portfólio da organização.

2.9.2.2 Falha

A falha é um evento e, conforme definida na ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994), caracteriza-se com o término da capacidade de um item em desempenhar a função requerida.

Há situações em que um item deixa de operar e, conseqüentemente, a falha é facilmente identificada. Entretanto, há outras situações em que a degradação do item ao longo do tempo

dificulta a caracterização da falha. Nesse sentido, torna-se importante especificar a falha, o que se faz por meio de critérios. Na ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994), o critério de falha consiste em um conjunto de regras aplicáveis ao julgamento de tipos e gravidade de falhas, para a determinação dos limites de aceitação de um item.

A maneira com que a falha é observada e o seu impacto na operação do item é denominado de modo de falha para a gestão da manutenção. Muitos itens podem apresentar mais de uma maneira de falhar, isto é, de modos de falha diferentes.

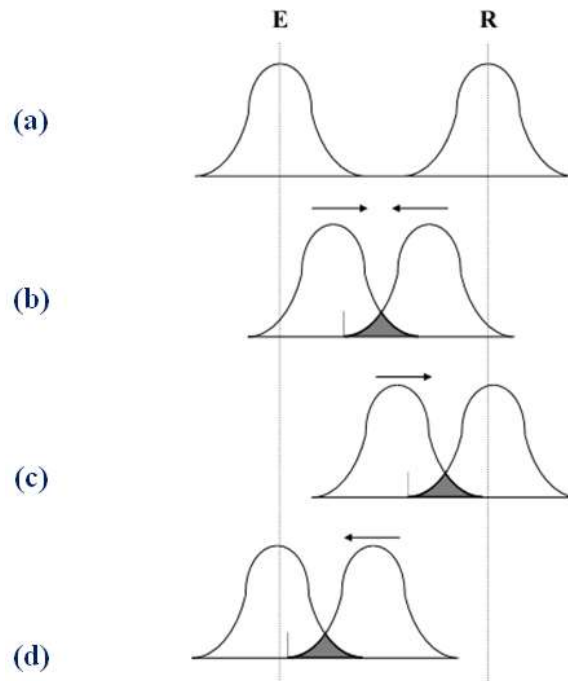
Um ou mais fatores, direta ou indiretamente, podem produzir uma falha. A causa imediata da falha, ou seja, o evento acionador do processo da falha é, segundo Branco filho (2006), denominado de causa raiz. Para Baptista (2011), a causa raiz é aquela que, se corrigida, preveniria a ocorrência da falha.

Cabral (2013) classifica as falhas em intrínsecas ou extrínsecas. As falhas intrínsecas estão relacionadas à constituição do item. As falhas extrínsecas são resultantes de acidentes e de má operação. Na visão estrita da manutenção, somente as falhas intrínsecas são consideradas para a análise de confiabilidade. Já na visão operacional, as falhas extrínsecas são também relevantes. Por exemplo, para a ocorrência frequente de falhas devido à ação humana torna-se necessário treinar os operadores para evitá-las. Ou, na ocorrência de vazamentos no retentor de uma bomba, deve-se alterar o material do retentor.

Xenos (1998) classifica as falhas em três categorias principais levando em conta o esforço (E) aplicado na operação e a resistência (R) de um item: (a) a falta de resistência; (b) o uso inadequado; e (c) a manutenção inadequada. A Figura 6 ilustra essas três categorias.

Na primeira situação (a) da Figura 6, o projeto do item é considerado correto e, portanto, sem a ocorrência de falhas, pois o maior esforço aplicado é menor que a resistência mais baixa. Na segunda situação (b), há ocorrência de falha por deficiência no projeto do item, com o esforço e a resistência avaliados de maneira incorreta. A terceira situação (c) mostra a ocorrência de falha em função da operação incorreta do item que leva ao aumento do esforço. Na quarta situação (d), há falha devido à manutenção deficiente do item que gera diminuição de sua resistência. Na situação (a), a distância entre as caudas representa a margem de segurança. As áreas hachuradas nas situações (b) até (d) indicam que o esforço (E) ultrapassou a resistência (R), resultando, assim, em falha do item.

Figura 6 – Diagramas de esforço (E) e resistência (R) para análise de falha de um item



Fonte: Xenos (1998).

Depois da falha, um item entra em pane. Uma pane é, geralmente, o resultado de uma falha de um item. A pane é o estado de um item caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida, excluindo a incapacidade durante a manutenção preventiva ou outras ações planejadas, ou pela falta de recursos externos (ABNT, 1994). Portanto, considera-se que a falha é um evento e a pane é um estado.

Outros termos correlatos, também definidos na ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994), são:

- Erro, que consiste na diferença entre um valor ou uma condição observada ou medida e a correspondente condição ou valor verdadeiro especificado ou teórico e;

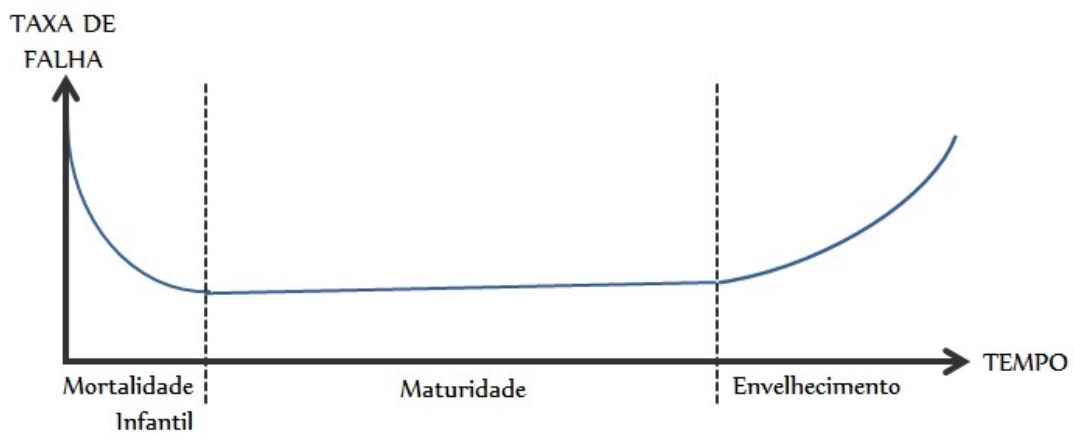
- Defeito, entendido como qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos. Os requisitos podem, ou não, serem expressos na forma de uma especificação. Um defeito pode, ou não, afetar a capacidade de um item em desempenhar a sua função requerida.

De acordo com Slack, Chamber e Johnston (2009), há três maneiras para se medir as falhas: a taxa de falhas, isto é, com que frequência uma falha ocorre; a confiabilidade ou a probabilidade de uma falha não ocorrer; e a disponibilidade ou o período disponível para a operação. Dentre elas, por ora merece destacar a taxa de falhas.

A taxa de falhas consiste na relação entre o número total de falhas ocorridas num item e um intervalo de tempo estabelecido. Entretanto, a taxa de falhas pode variar ao longo da vida de um item (KARDEC; NASCIF, 2012).

A probabilidade de falha em função do tempo pode ser representada por uma curva característica de vida dos equipamentos. A forma denominada como “curva da banheira”, como apresentada no gráfico da Figura 7, é o modelo teórico mais conhecido. Como afirma Duek (2005), essa curva é aplicável a componentes mecânicos que, por algum motivo, não puderam ser exaustivamente testados após montados em um sistema.

Figura 7 – Curva típica da taxa de falhas denominada de “curva da banheira”



Fonte: Blanchard (2003).

Na “curva da banheira” podem ser identificadas três etapas distintas:

- A etapa inicial, denominada de período de mortalidade infantil. Nessa etapa, a taxa de falhas diminui rapidamente. As falhas são caracterizadas como prematuras e causadas, geralmente, por falhas de projeto e/ou defeitos de fabricação e montagem. Assim, não há o que prevenir, mas apenas reparar. Portanto, o tipo de controle de qualidade e de inspeção pode levar a redução razoável da taxa de falhas;

- A etapa intermediária mais longa é denominada de maturidade ou vida útil, caracterizada pela taxa de falhas normalmente baixa e estável. As falhas ocorrem de maneira aleatória. A manutenção corretiva e preventiva são as mais recomendadas;

- A última etapa é identificada como o período de envelhecimento, em que se nota um aumento considerável da taxa de falhas. Consequentemente, há um aumento da frequência das intervenções de manutenção com tendência à elevação do custo de manutenção. As falhas são,

geralmente, de fadiga por desgaste. Nesse caso, as atividades de manutenção preventiva podem influenciar a taxa de falhas.

A “curva da banheira” foi por muito tempo reconhecida como o padrão de comportamento dos equipamentos e sistemas. Entretanto, com a evolução dos estudos sobre a confiabilidade e com o desenvolvimento da metodologia da manutenção centrada na confiabilidade (MCC), considera-se que há outros tipos de curvas para representar esse fenômeno.

Duek (2005) afirma que os fabricantes buscam, geralmente, desenvolver, testar e ajustar seus produtos até que a taxa de falhas seja baixa e constante, ou seja, até atingir a etapa da maturidade, ou o momento ótimo para a comercialização baseado em seu ciclo de vida. O autor argumenta ainda que, obviamente, o custo de um componente e a sua relevância para o desempenho de um sistema ou sua operação segura não justifica a execução de exaustivos ensaios nestes produtos, facultando o seu lançamento no mercado com os baixos riscos advindos da ocorrência de falhas.

Com relação às intervenções de manutenção, Duek (2005) discute as implicações em relação aos momentos em que ocorrem. A intervenção realizada num equipamento antes do término da etapa de maturidade, como por exemplo, uma revisão geral, leva ao desperdício da vida útil, impondo, ao mesmo, um retorno prematuro do item à etapa de mortalidade infantil. Por outro lado, se a intervenção ocorrer já na etapa de envelhecimento, poderá acarretar acidentes. Assim, o momento ideal para a intervenção está no final da etapa de maturidade, que pode ser determinada por meio de uma análise estatística do desempenho. Todavia, se for possível prolongar a etapa de maturidade (vida útil) a partir de intervenções rápidas e baratas (manutenção preventiva), torna-se vantajoso adiar a intervenção, uma vez que o custo total da manutenção será compensado pelo maior tempo de operação.

2.9.2.3 Os termos relacionados ao tempo

As situações que envolvem a manutenção estão de alguma maneira relacionadas com o tempo e a sua contagem. Cabral (2013) argumenta que o tempo é um fator decisivo no cálculo dos IDs, funcionando como uma espécie de eixo das coordenadas no qual são marcados todos os eventos relevantes. Em vista disso, na gestão da manutenção são empregados termos distintos para expressar os eventos mais importantes e, desta maneira, garantir a consistência dos seus IDs. Os principais termos estão descritos a seguir.

2.9.2.3.1 Tempo de calendário

Na manutenção, a unidade empregada para expressar o tempo é, geralmente, a hora ou o dia, no sistema decimal. A contagem resulta da diferença entre a hora (ou data) do fim e a hora (ou data) do início de um determinado evento medido no calendário (CABRAL, 2013).

2.9.2.3.2 Tempo requerido

É o intervalo de tempo durante o qual o usuário requer que o item esteja em condição para desempenhar uma função requerida, como definido na ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994) e na EN 13306 (BSI, 2017). De acordo com Cabral (2013), o tempo requerido é o tempo de disponibilidade que se pretende para o item no contexto em que está inserido.

Na prática da gestão da manutenção, o cenário operacional é aquele onde o item está inserido, sendo comum considerar as seguintes situações para definir os tempos requeridos (CABRAL, 2013):

- Itens cuja operação está associada à movimentação, por exemplo, motor diesel, grupo compressor ou *chiller*. Neste caso, os tempos requeridos podem ser expressos conforme as necessidades do cenário operacional médio: 8 horas/dia x 5 dias/semanas x 40 semanas/ano;
- Itens estáticos cuja função requerida está associada apenas à sua existência e integridade estrutural, o tempo requerido equivale a 24 horas/dia x 365 dias/ano.

2.9.2.3.3 Tempo de operação

Também denominado tempo de funcionamento. A BS 13306 (BSI, 2017) o define como o intervalo de tempo durante o qual um item está desempenhando sua função requerida. Na ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994), consiste no intervalo de tempo durante o qual um item está em estado de operação.

O termo está atrelado ao cumprimento da função requerida, não envolvendo, necessariamente, movimento (CABRAL, 2013). Há situações práticas, de acordo com o autor, para a contagem do tempo de operação, como:

- Itens que possuem um medidor de horas, por exemplo, um motor diesel, grupo compressor ou um *chiller*. O tempo de operação é a diferença entre as leituras do final e do início do período de análise;

- Itens sem medidor de horas, mas que são passíveis de contagem efetiva como uma linha de produção, motoredutor, grupo de bomba elétrica. O tempo de operação pode ser estimado a partir do cenário operacional ou utilizando-se da contagem do medidor de horas em um dos itens que o compõe;

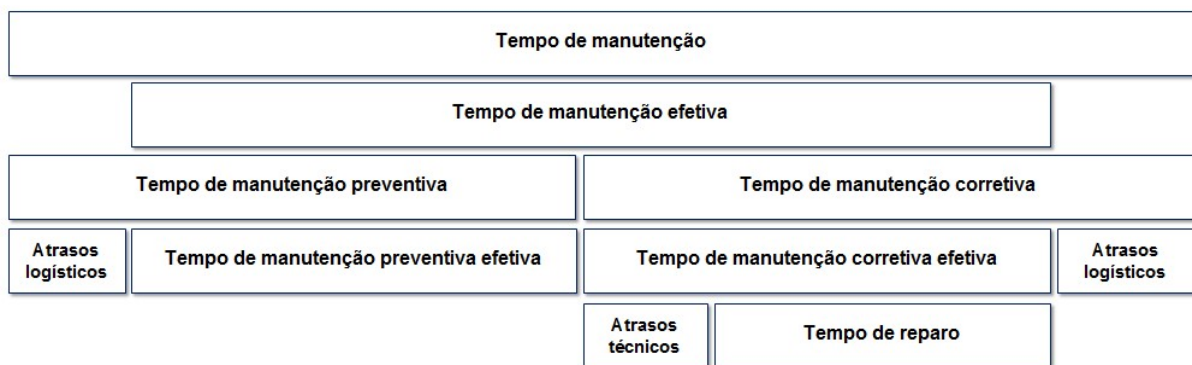
- Itens cujo cumprimento da função requerida ocorre intrinsecamente em tempo integral, como os edifícios, tubulações ou cablagem elétrica. Nesse caso, o tempo de operação é de 24 h/dia, descontando-se os tempos em que o item estiver em estado de incapacidade.

2.9.2.3.4 Tempos e atrasos de manutenção

Definido tanto na ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994) quanto na EN 13306 (BSI, 2017) como o intervalo de tempo durante o qual é executada uma ação de manutenção em um item, manual ou automaticamente, incluindo os atrasos técnicos e logísticos. Cabe destacar que as atividades de manutenção podem ser executadas enquanto o item está desempenhando uma função requerida.

Na prática, o tempo de manutenção é aquele durante o qual um ou mais funcionários estão dedicados ao trabalho, a realizar tarefas, obter recursos ou a prepará-lo (CABRAL, 2013). O diagrama apresentado na Figura 8 desmembra o conceito do tempo de manutenção de acordo com as atividades envolvidas, possibilitando defini-las com maior precisão.

Figura 8 – Diagrama de tempos das atividades de manutenção



Fonte: ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994).

Como pode ser observado na Figura 8, do tempo total de manutenção derivam os seguintes principais componentes do tempo:

- Tempo de manutenção efetiva é a parte do tempo de manutenção durante o qual uma ação de manutenção é efetuada em um item, tanto automática como manualmente, excluindo os atrasos logísticos (ABNT, 1994);

- Tempo de manutenção preventiva é a parte do tempo de manutenção durante o qual a manutenção preventiva é executada em um item, excluindo os atrasos técnicos e logísticos a ela inerentes (ABNT, 1994);

- Tempo de manutenção corretiva é a parte do tempo de manutenção durante o qual a manutenção corretiva é executada num item, excluindo os atrasos técnicos e logísticos a ela inerentes (ABNT, 1994);

- Tempo de reparo é a parte do tempo de manutenção corretiva durante o qual são executadas as ações de reparo em um item (ABNT, 1994; BSI, 2017). Para Contador (1998), o tempo de reparo abrange todas as atividades efetivamente executadas com o propósito de restaurar a prontidão funcional de um item. O autor distingue o tempo de reparo do tempo de paralisação da produção, uma vez que a produção pode ser interrompida ainda antes de o reparo ser deflagrado.

Já os atrasos na manutenção são definidos como:

- Atraso logístico é o tempo acumulado durante o qual a manutenção não pode ser executada devido à necessidade de adquirir os recursos necessários à manutenção, excluindo-se qualquer atraso administrativo. Os atrasos logísticos podem ocorrer devido a, por exemplo, deslocamento para as instalações não inspecionadas, aguardando a chegada de peças de reposição, de especialistas, de ensaios em equipamentos ou de informação ou de condições ambientais não apropriadas (ABNT, 1994; BSI, 2017);

- Atraso técnico é o tempo acumulado necessário para executar ações técnicas auxiliares associadas às ações de manutenção propriamente ditas (ABNT, 1994);

- Atraso administrativo (para a manutenção corretiva) é o tempo acumulado durante o qual uma ação de manutenção corretiva não é efetuada por razões administrativas (ABNT, 1994).

2.9.2.3.5 Tempos associados ao instante das falhas

Os tempos associados com o instante das falhas assumem os seguintes significados:

- Tempo até a falha ou tempo de operação até a falha é a duração acumulada dos tempos de operação de um item, desde sua colocação em estado de disponibilidade até a ocorrência da falha, ou do instante do restabelecimento funcional até a ocorrência da próxima falha (ABNT, 1994; BSI, 2017);

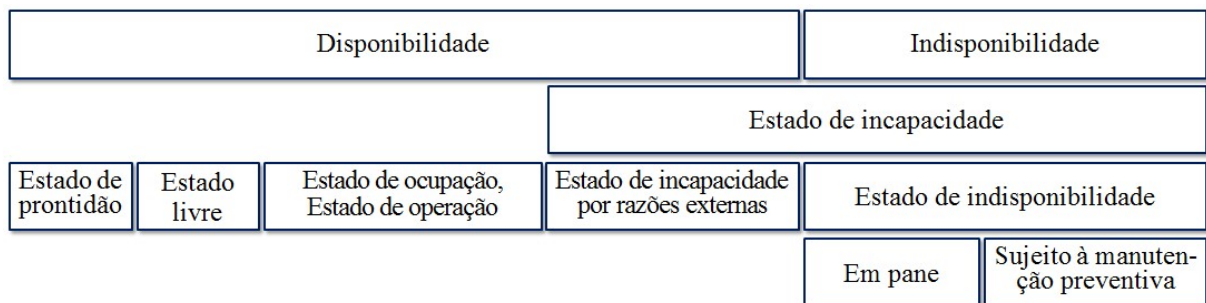
- Tempo de operação entre falhas é a duração acumulada dos tempos de operação entre duas falhas consecutivas de um item reparado (ABNT, 1994; BSI, 2017);

- Tempo de restabelecimento é o intervalo de tempo entre a ocorrência de uma falha e a colocação do item em um estado de disponibilidade (ABNT, 1994).

2.9.2.3.6 Tempos de disponibilidade (uptime) e indisponibilidade (downtime)

Para a gestão da manutenção e a definição precisa de outros termos relacionados ao tempo, torna-se relevante estabelecer previamente os estados assumidos por um item, como representados no diagrama da Figura 9.

Figura 9 – Diagrama dos estados de um item



Fonte: ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994).

Na ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994), os estados de um item são definidos em:

- Estado de disponibilidade de um item é caracterizado pelo desempenho de uma função requerida, desde que os recursos externos necessários sejam providos;

- Estado de indisponibilidade de um item é caracterizado por uma pane, ou por uma eventual incapacidade de desempenhar uma função requerida durante a manutenção preventiva;

- Estado de prontidão é o estado de um item que está disponível, mas não em operação, durante o tempo requerido;

- Estado livre é o estado em que um item está disponível, mas não em operação, durante o tempo não requerido;

- Estado de operação refere-se quando ele está desempenhando a função requerida;

- Estado de incapacidade externa é o estado disponível de um item que se acha em incapacidade por falta de recursos externos (por exemplo, falta de combustível, de energia elétrica ou de operador) ou por estarem sendo executadas ações planejadas que não as de manutenção.

Cabe frisar que o estado de indisponibilidade está associado ao desempenho de disponibilidade. Desse modo, como argumentado por Cabral (2013), o estado de indisponibilidade está sempre relacionado à manutenção, razão pela qual também se denomina por estado de indisponibilidade por manutenção.

A partir da definição dos estados envolvidos na manutenção, torna-se possível tratar dos significados da disponibilidade e indisponibilidade para produção expressos por tempo, como:

- Tempo de disponibilidade (*uptime*) é o intervalo de tempo durante o qual um item está em estado de disponibilidade (ABNT, 1994; BSI, 2017);

- Tempo de indisponibilidade (*downtime*) é o intervalo de tempo durante o qual um item está em estado de indisponibilidade (ABNT, 1994; BSI, 2017).

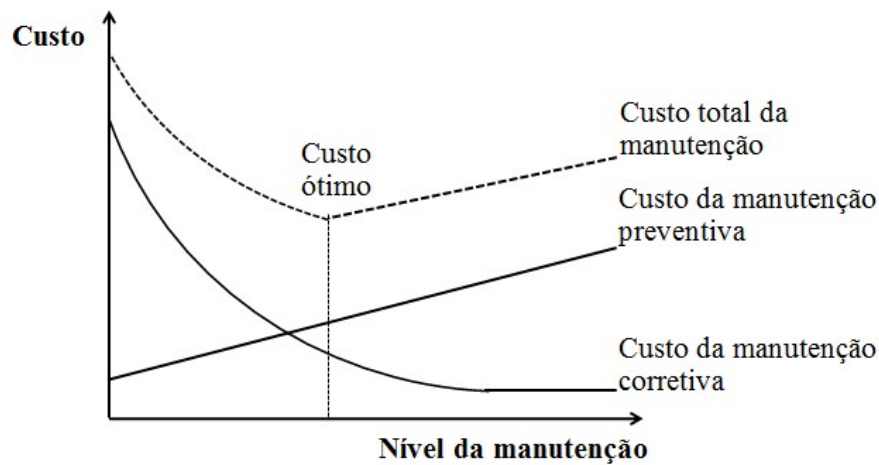
2.9.2.3.7 Vida útil

Na norma técnica EN 13306 (BSI, 2017), a VU está definida como o intervalo de tempo começando em um determinado instante do tempo e que termina quando a taxa de falhas se torna inaceitável sob dadas condições, quando o item é considerado irreparável como resultado de uma pane ou por outros fatores relevantes. A norma brasileira ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994) também a define de maneira semelhante, esclarecendo quanto ao início da VU como aquele em que um item é colocado pela primeira vez em estado de disponibilidade. O conceito da vida útil (VU) está fortemente atrelado à manutenção, pois as atividades de manutenção executadas em itens reparáveis podem prolongá-la.

2.9.2.4 Os termos relacionados ao custo da manutenção

O custo da manutenção tem forte impacto na gestão das organizações uma vez que representam de 15 a 50% do custo de produção de uma empresa (COETZEE, 2004). Nesse sentido, o emprego do melhor tipo de manutenção leva à redução ou otimização do custo manutenção e, conseqüentemente, à redução do custo de produção. Todavia, Kardec e Nascif (2012) afirmam que mais manutenção não significa melhor manutenção, o que corresponde à proposição de Mobley (2008) em que quantidades excessivas de manutenção podem ser tão caras quanto a não realização de suficiente manutenção. A teoria que prevalece refere-se ao *trade-off* teórico entre os dois principais tipos de manutenção: o corretivo; e o preventivo. O custo total da manutenção, neste caso, comporta-se conforme a curva representada no gráfico da Figura 10.

Figura 10 – Comportamento dos custos associados aos tipos de manutenção



Fonte: Mobley (2008).

Slack, Chamber e Johnston (2009) e Mobley (2008) apresentam um modelo teórico semelhante utilizado na indústria manufatureira para analisar a associação entre os custos da manutenção preventiva e das paradas de produção, obtendo-se o custo total relacionado à manutenção como a soma destes dois. Nesse modelo teórico, os autores argumentam que o aumento no nível da manutenção preventiva, ou seja, atividades de manutenção preventiva mais frequentes levam a menor probabilidade de ocorrerem falhas. Por conseguinte, há redução nas paradas de produção e, também dos custos decorrentes das falhas, porém com elevação dos custos da manutenção preventiva. Por outro lado, a baixa frequência da manutenção preventiva levará a maior probabilidade das intervenções corretivas e das paradas de produção. Por conseguinte, torna-se maior o custo das consequências das falhas e da manutenção corretiva. A curva do custo total da manutenção atinge um nível mínimo ou ótimo com o equilíbrio entre os custos da manutenção corretiva e da preventiva.

Os custos da manutenção podem ser classificados segundo diferentes critérios a fim de propiciar melhor análise dos processos envolvidos na manutenção, gerando outros termos próprios, como por exemplo:

- Os custos da manutenção preventiva ou da corretiva;
- Os custos do pessoal interno, externo ou total da manutenção. Os custos relacionados ao pessoal incluem os salários, as horas extraordinárias, encargos sociais, impostos incidentes e seguros. O pessoal interno corresponde à mão de obra própria da organização envolvida na manutenção e compreende o pessoal direto (aqueles que trabalham diretamente no campo ou nas oficinas para executar as tarefas de manutenção), o pessoal indireto (como os gestores,

supervisores, de engenharia, almoxarife, etc.) e também o pessoal da produção (os operadores das máquinas e equipamentos que executam algumas tarefas de manutenção nos mesmos). O pessoal externo é aquele contratado eventualmente pela organização e gerido pelo departamento de manutenção. O custo total refere-se, portanto, à soma dos custos do pessoal interno e do externo.

Os custos da manutenção são formados, de acordo com Branco Filho (2006), por quatro parcelas: (1) custo da intervenção da manutenção com uso de recursos (materiais, sobressalentes e homens-horas); (2) custo da equipe de manutenção (administração, treinamento); (3) custo da perda de produção (se houver); e (4) custo da perda de oportunidade pela falta do produto (se houver demanda).

Conforme Salonen e Deleryd (2011), os modelos básicos de custeio da manutenção dividem os custos de manutenção entre custos diretos e indiretos. Nesse caso, as duas primeiras parcelas descritas por Branco Filho (2006) compreendem os custos diretos, algumas vezes também denominados de custos tangíveis ou visíveis. A terceira parcela corresponde aos custos indiretos ou também identificados por intangíveis ou invisíveis, assim como a quarta parcela que pode ser associada, como tratam alguns autores na literatura, como os custos de receitas não realizadas pela organização devido à manutenção.

Quanto aos custos diretos, estes consistem em todos os custos ligados diretamente às atividades de manutenção executadas pelo departamento de manutenção da organização.

Para efeito da composição e cálculo de IDs conforme a EN 15341 (BSI, 2019), são denominados de custo total de manutenção (CTM) todos os custos diretos relacionados a:

- Remunerações (salários e horas extras) e os encargos incidentes (taxas, impostos, contribuições legais e seguros) do pessoal da gestão, supervisão, apoio administrativo e da manutenção direta;
- Peças e materiais, como os sobressalentes e itens consumíveis, incluindo os custos de transporte;
- Ferramentas e equipamentos, excluindo investimentos e locação;
- Prestadores de serviços contratados;
- Locação de instalações;
- Serviços de consultores;
- Custos administrativos da manutenção;
- Treinamento;
- Custos de deslocamentos, de alojamentos;

- Documentação;
- Gestão informatizada da manutenção e sistemas de planejamento;
- Energia e os fluidos;
- Depreciação dos investimentos em equipamentos de manutenção, oficinas e almoxarifados.

De modo que, os dados para a composição do custo da manutenção devem ser coletados, como afirma Cabral (2013), onde quer que eles se encontrem na organização ou, na impossibilidade, serem estimados baseados em regras consistentes.

Com relação aos custos indiretos, estes são entendidos como vinculados à indisponibilidade de um item devido à sua manutenção. Cabral (2013) define operacionalmente os custos indiretos como o produto do tempo de indisponibilidade por manutenção e o valor médio unitário da produção perdida pelo item, onde esta última parcela pode ser igual ao custo acrescido da produção e/ou ao valor da receita cessante resultante da indisponibilidade. E, indica outros que são influenciados pela manutenção, como a baixa produtividade, a não qualidade, os acidentes e a imagem.

Na literatura, também se discute o conceito do custo da baixa qualidade (CoPQ) de produtos e processos, ou seja, ligando o conceito da falta de qualidade com os custos de produção nas organizações. CoPQ são os custos que desaparecem se os produtos e processos de uma organização são perfeitos. Nessa direção, Salonen e Deleryd (2011) argumentam que as atividades de manutenção têm que ser encaradas da mesma forma que as atividades de gestão da qualidade, propondo o conceito de custo da má manutenção (CoPM) como um meio para a melhoria do desempenho da manutenção na indústria de manufatura. O modelo de custo para o CoPM proposto pelos autores distingue os custos de manutenção em custos de conformidade e não conformidade. Os custos da conformidade são os custos de todas as atividades planejadas de manutenção que contribuem para as entregas previstas ou *dependability*⁴ do departamento de manutenção. De outro modo, os custos da não conformidade são todos aqueles que não contribuem para a *dependability*. Dessa forma, segundo os autores, o método CoPM permite visualizar o custo das deficiências no desempenho da manutenção, como apresentado no Quadro 4.

⁴ *Dependability* pode ser entendido como um termo combinado entre confiabilidade (*reliability*), manutenibilidade (*maintainability*) e a suportabilidade da manutenção (*maintenance supportability*).

Quadro 4 – Matriz dos custos de conformidade e não conformidade na manutenção

	Manutenção corretiva	Manutenção preventiva
Custo da conformidade	<p>Manutenção corretiva indispensável:</p> <p>Manutenção corretiva devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falhas com distribuição randômica e deterioração não mensurável; - Falhas que não se justificam evitar financeiramente. 	<p>Manutenção preventiva válida:</p> <p>Manutenção preventiva necessária para manter a <i>dependability</i>;</p> <p>Melhorias destinadas a aumentar a confiabilidade do equipamento.</p>
Custo da não conformidade	<p>Manutenção corretiva não aceite:</p> <p>Manutenção corretiva devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta de manutenção preventiva; - Manutenção preventiva mal executada; - Confiabilidade fraca do equipamento. 	<p>Manutenção preventiva ruim:</p> <p>Manutenção preventiva desnecessária;</p> <p>Manutenção preventiva mal executada.</p>

Fonte: Salonen; Deleryd (2011).

É importante destacar que a análise dos custos da manutenção não se restringe a um período estático, mas também aqueles previstos distribuídos ao longo da vida de um item. Desse modo, os custos de manutenção estão inseridos numa perspectiva de custo global. Na indústria de transformação, os custos de operação, manutenção e descarte são, geralmente, muito maiores se comparados aos custos de aquisição, montagem e testes de um item, numa relação de 2 a 20 vezes (KARDEC; NASCIF, 2012).

O custo global, também denominado de ou custo total, inclui todas as despesas de aquisição, montagem, testes, operação, manutenção, melhorias, modificação, remoção e alienação (BRANCO FILHO, 2006).

O cálculo do custo global dá suporte para a aplicação do método do custo do ciclo de vida ou *life cycle cost* (LCC). Este enfoque permite escolher, como destacam Kardec e Nascif (2012), a abordagem da manutenção mais rentável a partir de diferentes alternativas para atingir o menor custo em longo prazo. É, portanto, um importante método que possibilita avaliar o impacto dos principais atributos da manutenção na formação de seu custo ao longo da vida útil de um item, como a confiabilidade, a manutenibilidade e a durabilidade.

2.9.2.5 Confiabilidade

Na literatura, a confiabilidade vem definida de modo semelhante por diversos autores, como:

- A probabilidade de um produto executar sem falhas, certa missão, sob certas condições, durante um determinado tempo (BERGAMO, 1997);
- A probabilidade estatística de não ocorrer falha de um determinado tipo para certa missão com um nível dado de confiança (ROSA, 2006);
- A capacidade de um item desempenhar sua função requerida sob condições específicas, durante um intervalo de tempo, conforme a ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994).

Na interpretação destas definições, constata-se a convergência no termo confiabilidade (R) envolvendo outros conceitos básicos: a probabilidade; o desempenho; o tempo de operação; e as condições de operação. Entende-se, pois, que a confiabilidade está relacionada à probabilidade como sua medida ($0 < R < 1$), o desempenho com o atendimento ou cumprimento das funções especificadas quando em operação, o tempo de operação como sendo a vida útil esperada e as condições de operação com a delimitação do ambiente em que o item está submetido. Pode-se afirmar, portanto, que a confiabilidade é a probabilidade do bom funcionamento de um item durante certo intervalo de tempo.

Operacionalmente, um item com confiabilidade de 0,9 em um determinado instante indica que possui 90% de chance de durar além deste tempo. O inverso desta medida é, portanto, a probabilidade de falha ou de risco.

Nesse sentido, a confiabilidade de um item pode ser considerada como uma característica de projeto que resulta na sua durabilidade, ou seja, o item operará com sucesso para uma duração específica de tempo.

Quanto aos sistemas formados por diferentes itens, a confiabilidade depende, dentre outros fatores, da sua arquitetura, ou seja, da disposição ou arranjo dos seus itens. Não basta apenas reunir itens de alta confiabilidade, pois poderá resultar em um sistema de baixa confiabilidade. Por outro lado, o emprego de itens com confiabilidade regular poderá resultar em um sistema extremamente confiável.

Os principais arranjos são em série, em paralelo, mistos e complexos. O sistema com arranjo em série é formado por componentes interdependentes. Nesse caso, se um dos componentes falhar, todo o sistema parará de funcionar; o que obriga em superdimensioná-lo para reduzir a probabilidade de falha deste componente. Nos sistemas compostos por n componentes interdependentes, cada um com confiabilidade $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$, a confiabilidade de todo o sistema em um determinado instante é dada na Equação 1.

$$R_s(t) = R_1(t) \times R_2(t) \times R_3(t) \times \dots \times R_n(t) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

$R_s(t)$ é a confiabilidade do sistema s no instante t e;

$R_n(t)$ é a confiabilidade do componente n no instante t .

Para componentes de mesma confiabilidade, isto é, $R_1(t)=R_2(t)=\dots=R_n(t)$, pode-se reescrever a Equação 1 como expresso na Equação 2.

$$R_s(t) = R_1(t)^n \quad \text{Eq. 2}$$

A confiabilidade do sistema é, portanto, menor do que a confiabilidade dos componentes individuais. Conseqüentemente, quanto maior o número de componentes interdependentes de um sistema, tanto menor será a sua confiabilidade.

Outro sistema regularmente utilizado é em paralelo, no qual itens semelhantes são arranjados para operar em paralelo num sistema. Sendo esta uma forma de redundância, haverá modos distintos para a execução da mesma função do sistema. Assim, o sistema continua a operar enquanto ao menos um item funcionar. Há, portanto, aumento da confiabilidade do sistema.

Nos sistemas em paralelo formados por n itens, cada um com não confiabilidade $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$, a confiabilidade de todo o sistema em um determinado instante é dada por:

$$R_s(t) = \{1 - [Q_1(t) \times Q_2(t) \times Q_3(t) \times \dots \times Q_n(t)]\} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

$R_s(t)$ é a confiabilidade do sistema s no instante t e;

$Q_n(t)$ é a não confiabilidade do item n no instante t .

Para componentes de mesma não confiabilidade, isto é, $Q_1(t)=Q_2(t)=\dots=Q_n(t)$, pode-se reescrever a Equação 3, agora como:

$$R_s(t) = 1 - Q_1(t)^n \quad \text{Eq. 4}$$

2.9.2.6 Manutenibilidade ou manutenibilidade

A manutenibilidade (ou manutenibilidade) é definida como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos (ABNT, 1994; BSI, 2017).

Na linguagem corrente da manutenção, a manutenibilidade exprime a facilidade com que um item pode ser mantido (CABRAL, 2013). O conceito está relacionado, de acordo com Rosa (2006), com a facilidade de executar uma intervenção no equipamento, restaurando a sua

prontidão funcional. Valendo-se dessas proposições, pode-se afirmar que a manutenibilidade é uma característica intrínseca ao item por permitir expressar o grau de facilidade na execução das atividades de manutenção.

Branco Filho (2006) enquadra a manutenibilidade como uma característica de projeto e da instalação. Portanto, a etapa de projeto é, como argumentam Kardec e Nascif (2012), a ocasião mais adequada para analisar os aspectos de manutenibilidade de um item, sendo fundamental que a engenharia de projetos seja suportada também por especialistas da área de manutenção.

Muniz (2010) argumenta que a manutenibilidade está caracterizada como um elemento de projeto devido à busca por uma maior facilidade projetada para a execução das atividades de manutenção, também evidenciada pela utilização de indicadores relacionados ao tempo de execução na indústria de transformação. Por outro lado, o autor aponta para outros aspectos relevantes para a manutenibilidade, como a avaliação das condições de execução, do ambiente de execução e dos meios e recursos no momento de realizar as tarefas de manutenção. Assim, os requisitos de manutenibilidade são também requisitos de execução.

Nesse sentido, Kardec e Nascif (2012) elencam alguns princípios considerados como fundamentais para a busca da melhoria da manutenibilidade dos itens, como:

- Qualidade do serviço a ser executado, a segurança do pessoal da manutenção e das instalações, os custos e o tempo ou indisponibilidade do item;
- Consideração da intercambialidade, padronização de sobressalentes e padronização de itens na organização;
- Utilização de sistemas de detecção e indicação de desgaste, condições anormais ou falhas que permitam a atuação orientada do pessoal da manutenção;
- Emprego de técnicas de domínio geral, que não exijam habilidades especiais do pessoal da manutenção;
- Facilidade de montagem e desmontagem dos itens;
- Qualidade das informações técnicas relativas à manutenção, como clareza, simplicidade e concisão.

Os esforços despendidos numa análise de manutenibilidade levam, como destaca Dhillon (1999), à melhoria da disponibilidade e confiabilidade de um item por meio dos seguintes fatores:

- A intercambiabilidade que representa a flexibilidade em que um item pode ser prontamente substituído por outro idêntico, sem a necessidade de ajustes. A intercambiabilidade gera redução nas atividades de manutenção e, por sua vez, a redução dos custos;

- A acessibilidade, como a facilidade e rapidez com que uma parte de um item pode ser alcançada e executada a manutenção necessária. Assim, o acesso à parte que falhou não deve exigir a remoção de outras partes. A acessibilidade deficiente acarreta o aumento do *downtime*;

- A frequência com que cada atividade de manutenção deve ser realizada;

- A simplicidade ou a simplificação das atividades de manutenção.

- A visibilidade ou a facilidade com que pode ser vista uma parte de um item. Uma visão obstruída pode aumentar significativamente o *downtime*;

- A testabilidade ou a capacidade em detecção e isolamento de falhas. A velocidade do diagnóstico da falha pode influenciar de modo significativo o *downtime* e os custos de manutenção;

- O estado da arte, uma vez que os avanços tecnológicos podem ajudar a melhorar a manutenibilidade e diminuir os custos de manutenção.

Dhillon (1999) afirma, ainda, que podem ser esperados os seguintes resultados quando são aplicados adequadamente os princípios da manutenibilidade:

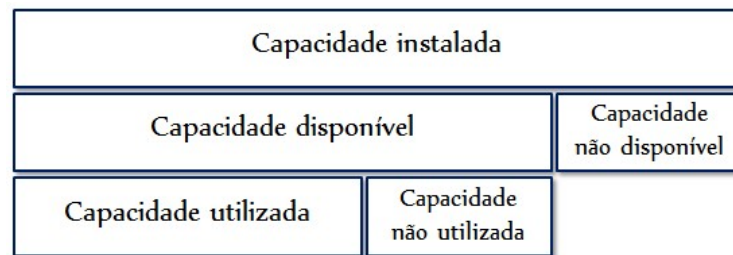
- A redução do *downtime* de um item e, conseqüentemente, o aumento na sua disponibilidade;

- A restauração eficiente das condições operacionais de um item, quando as falhas aleatórias são as causas para o *downtime*;

- A maximização da prontidão operacional em decorrência da eliminação das falhas que são causadas pela idade e desgaste.

2.9.2.7 Disponibilidade

O volume de produção desejado por uma organização é conseguido, dentre outros fatores, por meio de alta disponibilidade da sua instalação e seus equipamentos. Rosa (2006) expressa a disponibilidade a partir da compreensão da capacidade de produção instalada, distinguindo a capacidade disponível e a utilizada de uma instalação, linha de produção ou equipamento, como esquematizado na Figura 11.

Figura 11 – Conceitos envolvidos com a disponibilidade

Fonte: Rosa (2006).

A capacidade instalada pode ser compreendida pelo tempo requerido para a produção, ou seja, que reflete a capacidade instalada para realizar a produção. Entretanto, parte da capacidade instalada é utilizada, principalmente, para as intervenções de manutenção, o que corresponde à capacidade não disponível. Nesta parcela são incluídos os tempos de manutenção relacionados às intervenções de manutenção corretiva e preventiva, como também podem ser incluídos outros eventos, como o tempo à espera de manutenção, falta de energia e as horas bloqueadas para prestar serviços a outras empresas.

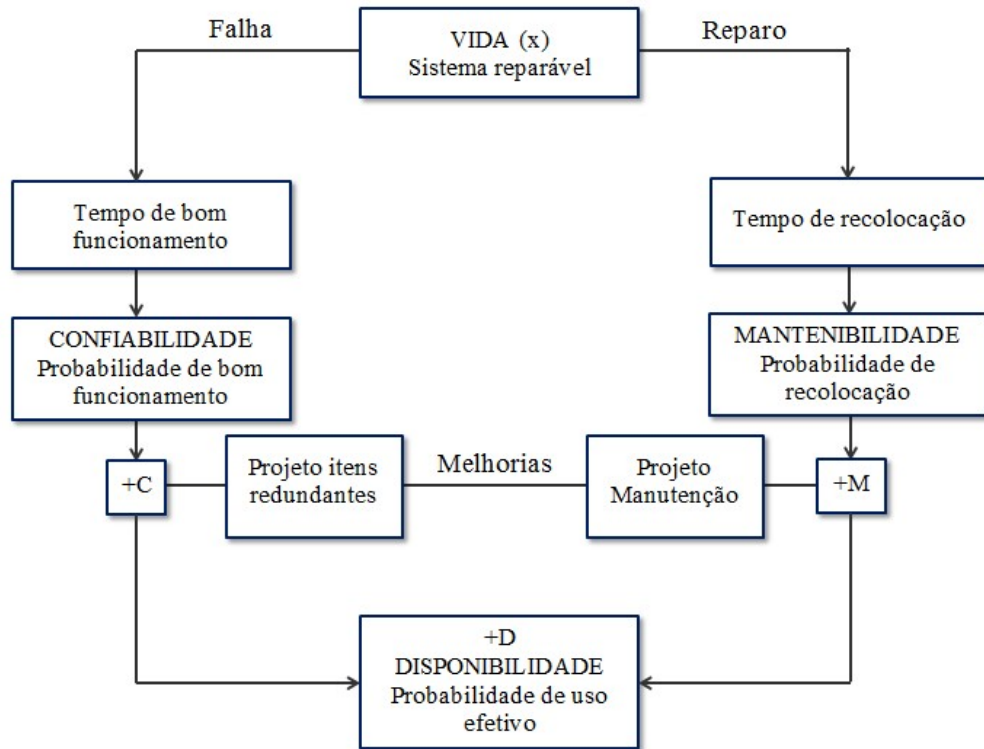
Da capacidade disponível para produção, parte do tempo não é efetivamente utilizado para gerar produção e é denominada por capacidade não utilizada, como as paralisações decorrentes de *set up*, ausência de mão de obra, falta de matéria prima, programação de produção e o uso de velocidade de processamento menor que a máxima.

Slack, Chamber e Johnston (2009) argumentam que a disponibilidade reflete o grau em que uma operação está pronta para funcionar, levando em conta que uma operação não está disponível se ela acabou de falhar ou está sendo consertada após uma falha. Assim, como definido na ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994) e na EN 13306 (BSI, 2017), os conceitos envolvidos na disponibilidade envolvem a capacidade de um item de estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo estabelecido considerando-se os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, desde que os recursos externos requeridos estejam assegurados.

Pode-se afirmar, portanto, que a capacidade de um sistema, equipamento ou componente para produção é expressa principalmente pelo tempo de bom funcionamento (confiabilidade) e a facilidade na execução da manutenção (manutenibilidade). Assim, a análise conjunta destas variáveis permite melhorar a disponibilidade por meio do aumento da confiabilidade ao menor custo e a redução do *downtime*. Por exemplo, a atuação sobre o projeto, conforme a metodologia

apresentada por Dias (1996) e esquematizada na Figura 12, permite melhorar a qualidade temporal (vida) de itens reparáveis a partir da melhoria da confiabilidade e da manutenibilidade.

Figura 12 – Relação causal entre a confiabilidade, manutenibilidade e a disponibilidade



Fonte: Dias (1996).

Para Coetzee (1997), a disponibilidade é a medida da capacidade global de um departamento em manter os seus itens em ordem de marcha. Portanto, a disponibilidade indica a eficácia da manutenção dos itens de uma organização.

2.9.3 Definições Operacionais para os Indicadores de Desempenho Teóricos

Na literatura, é possível obter uma ampla lista de IDs para a manutenção dos ativos físicos nas empresas manufatureiras. Dentre eles, merecem ser destacados os IDs teóricos, isto é, aqueles considerados fundamentais para a gestão da manutenção.

2.9.3.1 Taxa de falhas (λ)

A taxa de falhas mede a frequência da ocorrência de falhas (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Portanto, é considerado como expressão da confiabilidade de um ativo.

Consiste na relação do número total de falhas ocorridas em um intervalo de tempo estabelecido, calculada empregando-se a Equação 5.

$$\lambda = \frac{N_f}{T} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

λ é a taxa de falhas;

N_f é o número de falhas (n) e;

T é o tempo de operação (em hora, dia, mês ou ano).

A taxa de falhas também pode ser calculada para analisar eventos, como por exemplo, uma porcentagem do número total de produtos testados. Neste caso, passa a ser expressa por:

$$\lambda = \frac{N_f}{N_e} \times 100 \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

λ é a taxa de falhas (em %);

N_f é o número de falhas (n) e;

N_e é o número de eventos (n).

2.9.3.2 Tempo médio entre falhas (MTBF)

O MTBF (*mean time between failures*) é definido operacionalmente pela relação entre a soma das horas disponíveis para a operação de um item e o número de intervenções corretivas realizadas nele para um determinado período, como representado na Equação 7.

$$\text{MTBF} = \frac{\sum_1^n T_n}{N_f} \quad \text{Eq. 7}$$

Onde:

MTBF é o tempo médio entre falhas;

$\sum_1^n T_n$ é o tempo total de operação (em horas, por exemplo) e;

N_f é o número de falhas (n).

O MTBF fornece a indicação da regularidade com o qual a manutenção é exigida para atingir um determinado nível de disponibilidade. Portanto, corresponde a medida de confiabilidade do item mantido (COETZEE, 1997).

2.9.3.3 Tempo médio para reparo (MTTR)

Para itens reparáveis, o MTTR (*mean time to repair*) expressa a capacidade de uma equipe de manutenção efetuar um reparo com recursos de manutenção determinados em um período estabelecido.

Como definido na seção anterior, O MTTR é obtido pela relação entre a soma das horas de indisponibilidade (*downtime*) para produção em consequência da intervenção para a manutenção de um item e o número de intervenções corretivas no mesmo em um determinado período. Pode-se representar o MTTR, então, pela Equação 8.

$$MTTR = \frac{\sum_1^n t_n}{N_r} \quad \text{Eq. 8}$$

Onde:

MTTR é o tempo médio para reparo (h/n);

$\sum_1^n t_n$ é o tempo total dos reparos efetuados (em horas, por exemplo) e;

N_r é o número de reparos efetuados (n).

O tempo do reparo leva em conta o período do reparo e todos os demais que contribuem para que um item fique indisponível, como o tempo de logística, tempo de espera de sobressalentes, deslocamentos e atrasos. Entretanto, as últimas parcelas apontadas não são consideradas quando se quer medir o comportamento intrínseco de um item.

De acordo com Coetzee (1997), o MTTR mede a facilidade com o qual o equipamento pode ser reparado. Dessa forma, pode ser interpretado como uma medida básica da manutenibilidade de um item uma vez que um resultado baixo para MTTR indica que melhor é o andamento das intervenções de manutenção. De outra forma, MTTR também é denominado por severidade da falha, pois permite medir o efeito que uma falha tem sobre o processo de produção.

2.9.3.4 Disponibilidade (A)

O conceito de disponibilidade pode ser medido de maneiras diferentes. Quando a disponibilidade está sendo empregada para indicar o tempo de produção, pode ser representada pela relação entre o tempo disponível e o tempo requerido para a produção em um determinado período (COETZEE, 2004). Nesse caso, como formulado na Equação 9.

$$A = \frac{up\ time}{up\ time + down\ time} \times 100 \quad \text{Eq. 9}$$

Onde:

A é a disponibilidade (%);

Uptime é o tempo de disponibilidade e;

Downtime é o tempo de indisponibilidade.

Considerando que o tempo de disponibilidade e o tempo de indisponibilidade podem ser representados por MTBF e MTTR, respectivamente, a disponibilidade é expressa por:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad \text{Eq. 10}$$

Onde:

MTBF é o tempo médio entre falhas e;

MTTR é o tempo médio para reparo.

2.9.3.5 Manutenibilidade (M)

Em termos operacionais, Monchy (1989) define a manutenibilidade (ou mantenabilidade) como a probabilidade de um item retornar à sua condição operacional, com recursos de manutenção determinados num período estabelecido.

Ou, simplesmente, conforme Kardec e Nascif (2012) é a probabilidade de que um equipamento com falha seja reparado dentro de um tempo t . Dessa forma, a manutenibilidade pode ser representada pela Equação 11.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad \text{Eq. 11}$$

Onde:

$M(t)$ é a função manutenibilidade que representa a probabilidade de o reparo iniciar no tempo $t=0$ e concluir, satisfatoriamente, no tempo t ;

μ é a taxa de reparos e;

t é o tempo previsto do reparo.

A taxa de reparos (μ) de um item é obtida pela Equação 12.

$$\mu = \frac{\text{Número de reparos efetuados}}{\text{Tempo total dos reparos efetuados}} \quad \text{Eq. 12}$$

A manutenibilidade pode, portanto, ser medida pelo recíproco da taxa de reparos (μ) ou pelo indicador MTTR, como:

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \quad \text{Eq. 13}$$

Onde:

MTTR é o tempo médio de reparo e;

μ é a taxa de reparos de um item.

2.9.3.6 Tempo médio até a falha (MTTF)

Há itens que após falharem são substituídos, ou seja, não são reparados, com MTTR igual a zero. Nesse caso, não se trata de calcular o MTBF, mas de medir o tempo médio até a ocorrência da falha. Assim, o MTTF (*mean time to failure*) é calculado pela relação entre o total de horas disponíveis para produção e o número de falhas detectadas nos itens não reparáveis (Equação 14).

$$\text{MTTF} = \frac{\sum_1^n T'_n}{N_f} \quad \text{Eq. 14}$$

Onde:

MTTF é o tempo médio até a falha (h/n);

$\sum_1^n T'_n$ é o tempo total de operação até a falha (em horas, por exemplo);

N_f é o número de falhas (n) nos itens não reparáveis.

2.9.3.7 Confiabilidade (R)

Considerando que a função confiabilidade é definida pela probabilidade cumulativa de sucesso no tempo t , a confiabilidade pode ser expressa, então, por:

$$R(t) = \frac{n_s(t)}{n_s(t) + n_f(t)} \quad \text{Eq. 15}$$

Ou

$$R(t) = \frac{n_s(t)}{n_0(t)} \quad \text{Eq. 16}$$

A modelagem da confiabilidade é representada pelas distribuições de confiabilidade, em que se busca a análise estatística dos dados coletados sob o enfoque paramétrico. Dentre as distribuições de probabilidade empregadas para a análise de dados de confiabilidade, destaca-se a de Weibull para produtos industriais, que apresenta uma grande variedade de formas básicas, com a função sempre monótona (crescente ou decrescente ou constante). A Equação 17 representa a função de confiabilidade, com $t > 0$.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad \text{Eq. 17}$$

Onde:

$R(t)$ é a confiabilidade;

t é o tempo até a falha (h, por exemplo);

α é o parâmetro de escala, com $0 < \alpha < \infty$ e;

β é o parâmetro de forma, com $0 < \beta < \infty$.

O parâmetro de escala ou vida característica representa uma distância percorrida, tempo ou número de ciclos. Vida característica é o período transcorrido desde o início da atividade até a ocorrência da falha para os itens não reparáveis. Para os reparáveis, é o período de vida transcorrido entre as falhas. Na prática, é empregada a relação $\alpha=1/\lambda_0$, onde λ_0 é a taxa de falhas característica.

No que se refere ao parâmetro de forma, para vários valores de β , com λ_0 constante, a função densidade de probabilidade assume formas distintas, sendo esta uma das vantagens da utilização da distribuição de Weibull. Quando $\beta < 1$, a função densidade de probabilidade corresponde à fase do período de mortalidade infantil, anteriormente descrita na “curva da banheira”. Para $\beta=1$, a função densidade de probabilidade equivale a $f(t)=\lambda e^{-\lambda t}$ e corresponde ao período de vida útil. Quando $\beta > 1$, há modos de falhas predominantes que estão associados ao período de envelhecimento.

Os dois parâmetros da distribuição de Weibull podem ser obtidos a partir de observações amostrais. Nesse caso, podem ser empregados um dos seguintes métodos estatísticos para estimar estes parâmetros: método da máxima verossimilhança; método dos papéis de risco; método dos papéis de probabilidade; e método dos momentos. Ou, por meio dos testes de adequação, onde se testa estatisticamente a hipótese de um modelo ser adequado, como o teste do Qui-quadrado, teste de Kolmogorov-Smirnov e o teste de Hollander-Proschman (FREITAS; COLOSIMO, 1997).

2.9.3.8 Backlog

O *backlog* expressa a quantidade de tempo (horas, dias ou semanas) que uma determinada força de trabalho necessita para concluir todos os trabalhos que estão pendentes para um determinado período, supondo que não sejam recebidas novas ordens de trabalho. É representado

pela relação entre a demanda de serviço e a capacidade da equipe de manutenção em atendê-los num dado instante, de acordo com a Equação 18.

$$Backlog = \frac{Hh_{est}}{Hh_d} \quad \text{Eq. 18}$$

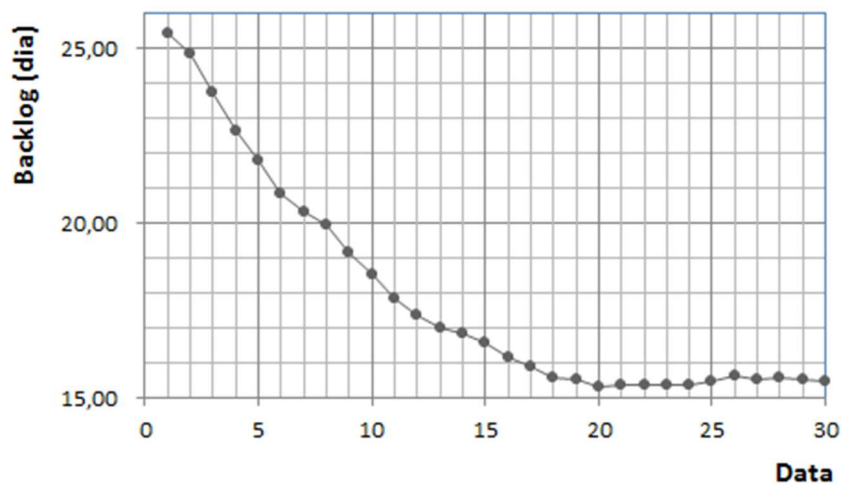
Onde:

Hh_{est} é a quantidade de homens-horas estimada para executar as ordens de trabalho pendentes (Hh);

Hh_d é a quantidade de homens-horas disponível em um determinado período (Hh).

Lara (2004) argumenta que para dar maior precisão ao *backlog* a capacidade da equipe de manutenção é representada atualmente em Hh produtivos uma vez que nenhum funcionário da manutenção é produtivo durante todo o período disponível para o trabalho. Assim, levaria a conhecer o *wrench time*⁵. Para tanto, a estimativa de Hh produtivo o valor de Hh disponível é multiplicado por um fator de produtividade da ordem de 40%, conhecido na prática como “fator α ”. Entretanto, o autor afirma que sob o ponto de vista da tomada de decisões gerenciais, a precisão do *backlog* não é fundamental, uma vez que a análise deste indicador tem como objetivo mais importante a determinação de tendências de variação do seu comportamento ao longo do tempo, como exemplificado no gráfico da Figura 13.

Figura 13 - Variação do *backlog* no mês



Fonte: Lara (2004).

⁵ *Wrench time* ou *active repair time* é o percentual do tempo que um profissional capacitado despense para executar o trabalho físico da atividade da manutenção. Portanto, não se consideram o tempo de deslocamento, aguardo de peças ou para buscar as ferramentas, receber instruções ou outros.

O gráfico apresentado na Figura 13 é um exemplo fictício, mas que serve para representar a variação do *backlog* ao longo de um mês de atendimento às ordens de trabalho por uma equipe de manutenção. Neste exemplo, pode-se observar que há um decréscimo do *backlog* na primeira quinzena do mês, com estabilização na segunda quinzena. O *backlog* decrescente indica o superdimensionamento da equipe de trabalho com conseqüente geração de horas ociosas. Já o *backlog* crescente deve merecer maior atenção, pois pode indicar a insuficiência de mão de obra disponível, má qualificação, deficiência de ferramentais ou ainda má gestão (LARA, 2004).

Coetzee (1997) afirma que é desejável que a equipe de manutenção opere com um *backlog* estável de uma ou duas semanas no máximo. Já Wireman (2005) recomenda que o *backlog* ideal deve recair entre duas a quatro semanas para uma organização industrial.

Dentre os vários métodos para definir o tamanho da equipe de manutenção nas organizações manufatureiras, Wireman (2005) argumenta que o *backlog* é o modo mais adequado. Todavia, segundo o autor, calcular o *backlog* não leva em conta somente conhecer a quantidade de horas necessárias, mas também compreender a capacidade de trabalho atual.

Para isso, Coetzee (1997) define outros dois IDs, como a rotatividade das ordens de trabalho e o tamanho do *backlog* que auxiliam na gestão da manutenção neste aspecto.

A rotatividade das ordens de trabalho dá a indicação da capacidade da equipe de manutenção em atender as ordens de trabalho recebidas, como na Equação 19.

$$W_t = \frac{N_c}{N_r} \quad \text{Eq. 19}$$

Onde:

W_t é a rotatividade de OTs;

N_c é o número de OTs completadas no período (n) e;

N_r é o número de OTs recebidas no período (n).

Assim, $W_t > 1$ indicará um decréscimo no *backlog*, enquanto $W_t < 1$ indicará aumento. Portanto, na maioria das ocasiões, W_t deverá manter um valor unitário. Contudo, devido a propensão da manutenção em apresentar, ocasionalmente, alto valor do *backlog*, a organização da manutenção deve ser capaz, ao mesmo tempo, em aumentar W_t a um valor substancialmente maior do que 1.

O indicador W_t mostra a capacidade da organização da manutenção em responder à carga de trabalho, mas não dá a indicação do tamanho do *backlog*. Nesse sentido, Coetzee (1997) define o tamanho do *backlog* para um determinado período, calculado pela seguinte relação:

$$W_o = \frac{N_o}{N_c} \quad \text{Eq. 20}$$

Onde:

W_o é o tamanho do *backlog*;

N_o é o número de trabalhos atrasados (n) e;

N_c é o número de trabalhos completados no período (n).

O resultado muito baixo para W_o pode ser interpretado como ociosidade da força de trabalho. Por outro lado, um *backlog* de tamanho muito grande pode expressar a incapacidade da força de trabalho em reduzi-lo sem ter que aumentar W_t para um valor consideravelmente maior que 1, o que envolverá, provavelmente, a contratação de mão de obra temporária.

2.9.3.9 Custo de manutenção por faturamento bruto (CMF)

O custo de manutenção por faturamento bruto é um dos IDs relacionado ao nível estratégico mais empregado na indústria de transformação, posto que o dinheiro é a linguagem dos negócios (KARDEC; NASCIF, 2012). O CMF é expresso por:

$$CMF = \frac{CTM}{FB} \times 100 \quad \text{Eq. 21}$$

Onde:

CMF é o custo de manutenção por faturamento bruto (%);

CTM é o custo total anual de manutenção (R\$) e;

FB é o faturamento bruto anual da empresa (R\$).

O custo total anual de manutenção (CTM), já discutido na seção 2.9.2.4, compreende todos os custos diretos associados à manutenção dos itens de uma empresa ou organização despendidos num determinado período (ano). Atualmente, somam-se, também, a depreciação e a perda de faturamento. No que se refere ao faturamento bruto (FB) da empresa ou organização, é o total de vendas de produtos e serviços sem os descontos de impostos pertinentes calculado numa base anual.

2.9.3.10 Custo de manutenção por valor de reposição (CMV)

O custo de manutenção por valor de reposição é geralmente expresso pela Equação 22.

$$CMV = \frac{CTM}{ARV} \times 100 \quad \text{Eq. 22}$$

Onde:

CMV é o custo de manutenção por valor de reposição (%);

CTM é o custo total anual de manutenção de um equipamento ou instalação (R\$) e;

ARV (*asset replacement value*) é valor de reposição do mesmo equipamento ou instalação (R\$).

O CMV é, geralmente, calculado para os itens de criticidade alta para uma organização da indústria de manufatura. O resultado elevado para o CMV, como consequência do alto custo de manutenção, pode justificar a substituição do item.

2.9.4 Indicadores de Desempenho Estabelecidos na Norma Técnica Europeia EN 15341:2019

Na norma técnica europeia EN 15341 (BSI, 2019), 71 IDs estão estabelecidos, agrupados em três dimensões – econômica, técnica e organizacional – e em níveis que expressam a hierarquia entre os IDs, de maneira que os IDs de um nível inferior são uma descrição detalhada dos IDs do nível superior. O Quadro 5 apresenta os IDs e seu agrupamento.

Quadro 5 – Indicadores de desempenho da manutenção agrupados por dimensão e nível

Dimensão	Nível		
	1	2	3
Econômica	E1, E2, E3, E4, E5, E6	E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14	E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23, E24
Técnica	T1, T2, T3, T4, T5	T6, T7	T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T19, T20, T21
Organizacional	O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7, O8	O9, O10	O11, O12, O13, O14, O15, O16, O17, O18, O19, O20, O21, O22, O23, O24, O25, O26

Fonte: EN 15341 (BSI, 2019).

Os IDs e respectivas composições, estão apresentados de maneira resumida no

Quadro 6 até Quadro 8. A descrição detalhada de cada ID está exibida no Apêndice A.

Quadro 6 – Indicadores de desempenho econômico

Código	Fórmula
E1	$\frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Valor de reposição dos ativos}} \times 100$
E2	$\frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Custo da contratação externa da manutenção}} \times 100$
E3	$\frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Output de operações}}$
E4	$\frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Custo de transformação da produção}} \times 100$
E5	$\frac{\text{Custo total da manutenção} + \text{custo das indisponibilidades relacionadas à manutenção}}{\text{Output de operações}}$
E6	$\frac{\text{Disponibilidade relacionada à manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}}$
E7	$\frac{\text{Valor médio do estoque das peças de manutenção}}{\text{Valor de reposição dos ativos}} \times 100$
E8	$\frac{\text{Custo total do pessoal interno de manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$
E9	$\frac{\text{Custo total do pessoal externo de manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$
E10	$\frac{\text{Custo total dos serviços de terceiros}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$
E11	$\frac{\text{Custo total dos materiais de manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$
E12	$\frac{\text{Custo total dos materiais de manutenção}}{\text{Valor médio do estoque de materiais de manutenção}} \times 100$
E13	$\frac{\text{Custo do pessoal indireto da manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$
E14	$\frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Energia total utilizada na manutenção}}$
E15	$\frac{\text{Custo da manutenção corretiva}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$
E16	$\frac{\text{Custo da manutenção preventiva}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$
E17	$\frac{\text{Custo da manutenção condicionada}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$
E18	$\frac{\text{Custo da manutenção sistemática}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$
E19	$\frac{\text{Custo da manutenção de melhoria}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$
E20	$\frac{\text{Custo de paralisações planejadas para manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$

Continua ...

... Continuação.

Código	Fórmula
E21	$\frac{\text{Custo de treinamento dos funcionários para manutenção}}{\text{Número de funcionários da manutenção}}$
E22	$\frac{\text{Custos totais de subcontratação para manutenção de equipamentos mecânicos}}{\text{Custos totais de subcontratação para a manutenção}} \times 100$
E23	$\frac{\text{Custos totais de subcontratação para manutenção de equipamentos elétricos}}{\text{Custos totais de subcontratação para a manutenção}} \times 100$
E24	$\frac{\text{Custos totais de subcontratação para manutenção da instrumentação}}{\text{Custos totais de subcontratação para a manutenção}} \times 100$

Fonte: EN 15341 (BSI, 2019).

Quadro 7 – Indicadores de desempenho técnico

Código	Fórmula
T1	$\frac{\text{Tempo total de operação}}{\text{Tempo total de operação} + \text{tempo de indisponibilidade devido à manutenção}} \times 100$
T2	$\frac{\text{Tempo de disponibilidade}}{\text{Tempo requerido}} \times 100$
T3	$\frac{\text{Número de falhas devido à manutenção e prejudicial ao meio ambiente}}{\text{Tempo de calendário}}$
T4	$\frac{\text{Volume anual de resíduos ou efeitos prejudiciais relacionados à manutenção}}{\text{Tempo de calendário}}$
T5	$\frac{\text{Número de acidentes devido à manutenção}}{\text{Tempo de calendário}}$
T6	$\frac{\text{Tempo total de operação}}{(\text{Tempo total de operação} + \text{tempo de indisponibilidade por falha})} \times 100$
T7	$\frac{\text{Tempo total de operação}}{(\text{Tempo total de operação} + \text{tempo de indisponibilidade por manutenção programada})} \times 100$
T8	$\frac{\text{Tempo de manutenção preventiva provocando uma indisponibilidade}}{\text{Tempo total de indisponibilidade relacionada à manutenção}} \times 100$
T9	$\frac{\text{Tempo de manutenção sistemática provocando uma indisponibilidade}}{\text{Tempo total de indisponibilidade relacionada à manutenção}} \times 100$
T10	$\frac{\text{Tempo de manutenção condicionada provocando uma indisponibilidade}}{\text{Tempo total de indisponibilidade relacionada à manutenção}} \times 100$
T11	$\frac{\text{Número de falhas provocando lesão corporal}}{\text{Número total de falhas}} \times 100$
T12	$\frac{\text{Número de falhas criando risco de lesão corporal}}{\text{Número total de falhas}} \times 100$
T13	$\frac{\text{Número de falhas que prejudica o meio ambiente}}{\text{Número total de falhas}} \times 100$
T14	$\frac{\text{Número de falhas que cria um risco de dano ao meio ambiente}}{\text{Número total de falhas}} \times 100$

Continua ...

... Continuação.

Código	Fórmula
T15	$\frac{\text{Tempo total de operação}}{\text{Número de ordens de intervenção da manutenção que provoca uma indisponibilidade}}$
T16	$\frac{\text{Tempo total de operação}}{\text{Número de ordens de intervenção da manutenção}}$
T17	$\frac{\text{Tempo total de operação}}{\text{Número de falhas}} \text{ (MTBF)}$
T18	$\frac{\text{Número de sistemas abrangidos por uma análise de criticidade}}{\text{Número total de sistemas}} \times 100$
T19	$\frac{\text{Homens – horas utilizados para o planejamento em um processo de planejamento de manutenção sistemática}}{\text{Homens – horas totais utilizadas para a manutenção interna}} \times 100$
T20	$\frac{\text{Tempo de manutenção planejada e programada que provoca um tempo de indisponibilidade da produção}}{\text{Tempo total de manutenção planejada e programada que demanda uma indisponibilidade}} \times 100$
T21	$\frac{\text{Tempo total para restauração}}{\text{Número de falhas}}$

Fonte: EN 15341 (BSI, 2019).

Quadro 8 – Indicadores de desempenho organizacional

Código	Fórmula
O1	$\frac{\text{Número de funcionários internos para a manutenção}}{\text{Número total de funcionários internos}} \times 100$
O2	$\frac{\text{Número de funcionários indiretos da manutenção}}{\text{Número de funcionários internos para a manutenção}} \times 100$
O3	$\frac{\text{Número de funcionários indiretos da manutenção}}{\text{Número de funcionários diretos da manutenção}} \times 100$
O4	$\frac{\text{Homens – horas para a automanutenção em produção}}{\text{Homens – horas totais dos funcionários diretos da manutenção}} \times 100$
O5	$\frac{\text{Homens – horas para a manutenção programada}}{\text{Homens – horas totais disponíveis}} \times 100$
O6	$\frac{\text{Número de acidentes dos funcionários da manutenção}}{\text{Número total de funcionários da manutenção}} \times 10000$
O7	$\frac{\text{Homens – horas perdidas relacionadas aos acidentes dos funcionários da manutenção}}{\text{Homens – horas totais trabalhadas pelos funcionários da manutenção}} \times 10000$
O8	$\frac{\text{Homens – horas dedicadas à melhoria contínua}}{\text{Homens – horas totais de manutenção}} \times 100$
O9	$\frac{\text{Homens – horas para a automanutenção na produção}}{\text{Homens – horas totais dos operários de produção}} \times 100$
O10	$\frac{\text{Funcionários diretos da manutenção trabalhando no trimestre}}{\text{Número total de funcionários diretos da manutenção}} \times 100$

Continua ...

... Continuação.

Código	Fórmula
O11	$\frac{\text{Tempo destinado à manutenção corretiva de urgência}}{\text{Tempo total de indisponibilidade relacionada à manutenção}} \times 100$
O12	$\frac{\text{Homens – horas dos funcionários internos para a manutenção mecânica}}{\text{Homens – horas totais dos funcionários internos diretos da manutenção}} \times 100$
O13	$\frac{\text{Homens – horas dos funcionários internos para a manutenção elétrica}}{\text{Homens – horas totais dos funcionários internos diretos da manutenção}} \times 100$
O14	$\frac{\text{Homens – horas dos funcionários internos para a manutenção da instrumentação}}{\text{Homens – horas totais dos funcionários internos diretos da manutenção}} \times 100$
O15	$\frac{\text{Número de funcionários internos da manutenção com múltiplas competências}}{\text{Número de funcionários internos da manutenção}} \times 100$
O16	$\frac{\text{Homens – horas para a manutenção corretiva}}{\text{Homens – horas totais da manutenção}} \times 100$
O17	$\frac{\text{Homens – horas para a manutenção corretiva de urgência}}{\text{Homens – horas totais da manutenção}} \times 100$
O18	$\frac{\text{Homens – horas para a manutenção preventiva}}{\text{Homens – horas totais da manutenção}} \times 100$
O19	$\frac{\text{Homens – horas para a manutenção condicionada}}{\text{Homens – horas totais da manutenção}} \times 100$
O20	$\frac{\text{Homens – horas para a manutenção sistemática}}{\text{Homens – horas totais da manutenção}} \times 100$
O21	$\frac{\text{Homens – horas extras dos funcionários internos da manutenção}}{\text{Homens – horas totais dos funcionários internos da manutenção}} \times 100$
O22	$\frac{\text{Número de ordens de trabalho realizadas conforme o programado}}{\text{Número total de ordens de trabalho programadas}} \times 100$
O23	$\frac{\text{Horas de treinamento dos funcionários internos da manutenção}}{\text{Homens – horas totais dos funcionários internos da manutenção}} \times 100$
O24	$\frac{\text{Número de funcionários internos diretos da manutenção no computador}}{\text{Número de funcionários internos diretos da manutenção}} \times 100$
O25	$\frac{\text{Homens – horas totais dos funcionários da manutenção direta destinadas para as atividades programadas}}{\text{Homens – horas totais programadas para os funcionários diretos da manutenção}} \times 100$
O26	$\frac{\text{Número de peças de reposição fornecidas pelo almoxarifado conforme o solicitado}}{\text{Número total de peças de reposição necessárias para a manutenção}} \times 100$

Fonte: EN 15341 (BSI, 2019).

Observou-se que todas as medidas que compõem os IDs podem ser classificadas em: evento (n); tempo (h); esforço humano (Hh); ou custo (\$).

2.9.5 Os Indicadores de Desempenho Relatados ou Propostos pelos Principais Pesquisadores e Autores

Em sua tese de doutorado, Parida (2006) desenvolve um sistema para medir o desempenho dos fatores que considera críticos para a função manutenção: os equipamentos; os custos; as atividades de manutenção; a aprendizagem e inovação; a satisfação do usuário; a saúde, segurança e meio ambiente; e a satisfação dos funcionários. Ademais, o SMD também está estruturado para a medição do desempenho nos três principais níveis hierárquicos gerenciais com a intenção de integrar verticalmente a tomada de decisão. Dessa forma, o autor propõe um quadro multicritério composto por 55 IDs, como apresentados Quadro 9.

Quadro 9 – Quadro multicritério de indicadores de desempenho da manutenção

Fator	Nível hierárquico gerencial		
	Estratégico	Tático	Operacional
Relacionado aos equipamentos	- Capacidade de utilização	- Disponibilidade - OEE - Taxa de produção - Qualidade - Número de paradas	- Taxa de produção - Número de defeitos - Número de downtime - Vibração e termografia
Relacionado ao custo	- Orçamento da manutenção - Taxa de retorno do investimento	- Custo da manutenção por tonelada - Custo da manutenção / custo da produção	- Custo da manutenção por tonelada
Relacionado às atividades de manutenção	- Custo das atividades de manutenção	- Qualidade das atividades de manutenção - Mudança com o tempo - Atividades de manutenção planejada - Atividades de manutenção não planejada	- Mudança com o tempo - Atividades de manutenção planejada - Atividades de manutenção não planejada
Aprendizagem e inovação	- Geração de um número de novas ideias - Treinamento da melhoria das habilidades	- Geração de um número de novas ideias - Treinamento da melhoria das habilidades	- Geração de um número de novas ideias - Treinamento da melhoria das habilidades
Relacionado à satisfação do usuário	- Número de reclamações da qualidade - Retorno da qualidade - Satisfação do usuário	- Número de reclamações da qualidade - Retorno da qualidade - Satisfação do usuário - Adição de novos usuários	- Número de reclamações da qualidade - Retorno da qualidade - Satisfação do usuário
Saúde, segurança e meio ambiente	- Número de acidentes - Número de processos legais - Perdas - Reclamações	- Número de acidentes - Número de processos legais - Remunerações pagas - Reclamações	- Número de acidentes - Reclamações
Satisfação dos funcionários	- Satisfação dos funcionários - Reclamações dos funcionários	- Taxa de rotatividade de funcionários - Reclamações dos funcionários	- Absentismo de funcionários - Reclamações dos funcionários

Fonte: Parida (2006).

O SMD foi projetado, conforme argumenta Parida (2006), para balancear e interligar os vários fatores críticos e os níveis gerenciais a fim de alcançar tanto a eficácia externa (fazer corretamente as coisas) quanto a eficácia interna (fazer as coisas corretamente) da manutenção. Assim, para cada célula do Quadro 9, um grupo de IDs foi selecionado pelo autor dentre os IDs teóricos.

Muchiri *et al.* (2011) desenvolvem um SMD da manutenção, composto por 31 IDs, tomando como base a norma técnica EN 15341:2007. Correspondendo aos *leading indicators*, os 17 IDs adotados e as metas recomendadas pelos autores para medir o desempenho dos processos básicos do ciclo da manutenção estão apresentados no Quadro 10.

Quadro 10 – Leading indicators e metas para a medição do desempenho dos processos básicos da manutenção

Processo básico do ciclo da manutenção	Indicador de desempenho	Un.	Descrição	Meta recomendada
Identificação do serviço	Percentual de serviço preventivo	%	$\frac{Hh\ previsto\ para\ a\ manutenção\ preventiva}{Hh\ total\ disponível}$	75% a 80%
	Percentual de serviço corretivo	%	$\frac{Hh\ previsto\ para\ a\ manutenção\ corretiva}{Hh\ total\ disponível}$	10% a 15%
	Percentual de serviço de melhoria	%	$\frac{Hh\ utilizado\ para\ melhoria\ e\ modificação}{Hh\ total\ disponível}$	5% a 10%
	Taxa de resposta ao serviço solicitado	%	$\frac{Solicitação\ de\ Serviço\ com\ status\ de\ requisitada\ em\ < 5\ dias}{Total\ de\ Solicitação\ de\ Serviço\ requisitadas}$	80% dos solicitados
Planejamento do serviço	Taxa da intensidade de planejamento	%	$\frac{Serviço\ planejado}{Total\ de\ serviço\ executado}$	95% de todas as ordens de trabalho
	Qualidade do planejamento	%	$\frac{Ordens\ de\ Trabalho\ requerendo\ retrabalho\ devido\ ao\ planejamento}{Total\ de\ Ordens\ de\ Trabalho}$	< 3% de todas as ordens de trabalho
	Capacidade de resposta do planejamento	%	$\frac{Ordens\ de\ Trabalho\ com\ status\ de\ planejamento\ em\ < 5\ dias}{Total\ de\ Ordens\ de\ Trabalho}$	> 80% de todas as ordens de trabalho
Programação do serviço	Intensidade da programação	%	$\frac{Hh\ programadas}{Total\ de\ Hh\ disponível}$	> 80% de HH disponível
	Qualidade da programação	%	Percentual de ordens de trabalho com execução atrasada devido a material ou mão de obra	< 2%
	Taxa de realização do cronograma	%	$\frac{Ordens\ de\ Trabalho\ com\ data\ programada\ anterior\ ou\ igual\ à\ data\ final}{Total\ de\ Ordens\ de\ Trabalho}$	> 95% de todas as ordens de trabalho
Execução do serviço	Cumprimento do cronograma	%	Percentual de ordens de trabalho executadas no período programado antes da data final	> 90%
	Tempo médio para o reparo (MTTR)	hora	$\frac{Downtime\ total}{Número\ de\ falhas}$	
	Taxa de utilização de mão de obra	%	$\frac{Total\ de\ horas\ gastas\ na\ tarefas}{Horas\ disponíveis}$	> 80%
	Eficiência da mão de obra	%	$\frac{Tempo\ alocado\ para\ as\ tarefas}{Tempo\ gasto\ nas\ tarefas}$	
	Rotatividade de ordens de trabalho	%	$\frac{Número\ de\ tarefas\ executadas}{Número\ de\ tarefas\ recebidas}$	
	Tamanho do backlog	%	$\frac{Número\ de\ tarefas\ atrasadas}{Número\ de\ tarefas\ recebidas}$	
	Qualidade da execução (retrabalho)	%	Percentual de trabalho de manutenção que necessita de retrabalho	< 3%

Fonte: Muchiri *et al.* (2011).

Para expressar os resultados da função manutenção, Muchiri *et al.* (2011) propõem a utilização de 14 IDs, correspondendo aos *lagging indicators* apresentados no Quadro 11. Os resultados da manutenção são expressos em termos de desempenho dos equipamentos e do custo da manutenção, uma vez que a manutenção procura obter seus objetivos (reduzir ou eliminar as suas falhas e suas consequências resultantes) a um custo ótimo.

Quadro 11 – *Lagging indicators* para a medição do desempenho da função manutenção

Resultado da manutenção	Indicador de desempenho	Un.	Descrição
Desempenho de equipamentos	Número de falhas	n°	Número de falhas classificadas por suas consequências: operacional, não operacional, segurança, etc.
	Falha / Frequência de <i>breakdown</i>	n° / unidade de tempo	$\frac{\text{Número de falhas}}{\text{tempo}}$ obs.: é uma medida de confiabilidade
	MTBF	h	Tempo médio entre falhas (uma medida de confiabilidade)
	Disponibilidade	%	$\frac{MTBF}{MTBF+MTTR} = \frac{\text{uptime}}{\text{uptime}+\text{downtime}}$
	OEE	%	disponibilidade x taxa de desempenho x taxa de qualidade
Desempenho do custo	Custo direto de manutenção	\$	Custo total da manutenção corretiva e preventiva
	Severidade de <i>breakdown</i>	%	$\frac{\text{Custo com o breakdown}}{\text{Custo direto de manutenção}}$
	Intensidade de manutenção	\$ / produção	$\frac{\text{Custo de manutenção}}{\text{Produtos fabricados em um período}}$
	Percentual do custo de manutenção sobre o custo de produção	%	$\frac{\text{Custo de manutenção}}{\text{Custo total de produção}}$
	Percentual do valor de substituição do equipamento (ERV: <i>equipment replacement value</i>)	%	$\frac{\text{Custo de manutenção}}{\text{Valor em estado de novo}}$
	Rotatividade do estoque de manutenção	%	Relação do custo dos materiais usados do almoxarifado em um período
	Percentual do custo dos funcionários	%	$\frac{\text{Custo do staff}}{\text{Custo total da manutenção}}$
	Percentual do custo da subcontratação	%	$\frac{\text{Despesas de subcontratação}}{\text{Custo total da manutenção}}$
	Percentual do custo dos suprimentos	%	$\frac{\text{Custo dos suprimentos}}{\text{Custo total da manutenção}}$

Fonte: Muchiri *et al.* (2011).

Kumar *et al.* (2013) desenvolvem um SMD da manutenção interligando os processos e os resultados para a função manutenção, como apresentado no Quadro 12. Para tanto, os autores adotam os mesmos processos básicos do ciclo da manutenção identificados por Muchiri *et al.* (2011). Quanto aos resultados, os autores sugerem a medição da eficácia dos equipamentos, a eficácia dos custos da manutenção e a segurança e meio ambiente. Os autores selecionam os IDs dentre os relatados na literatura, propondo a utilização de 18 *leading indicators* e *lagging indicators*.

Quadro 12 - Indicadores de desempenho do tipo *leading* e *lagging* da função manutenção

Processos básicos do ciclo da manutenção	Indicador de desempenho
Identificação das atividades	% de Homem-hora disponíveis em atividades preventivas
	Número de ordens de trabalho emitidas
Planejamento e programação das atividades	% de Homem-hora programadas sobre Homem-hora total disponível
Execução das atividades	% das ordens de trabalho executadas no prazo previsto
	% das ordens de trabalho designadas para retrabalhos
	% de ordens de trabalho em backlog
	MTTR
Eficácia dos equipamentos	Número de intervenções de manutenção não planejada
	Frequência de breakdown
	MTBF
	Downtime devido a manutenção não programada
	Número de shutdown
	Disponibilidade
	OEE
Eficácia dos custos da manutenção	% do custo da manutenção sobre o valor de reposição
	% do custo da manutenção sobre a receita de vendas
	Custo da manutenção por unidade de produção
Segurança e meio ambiente	Número de incidentes de saúde, segurança e meio ambiente

Fonte: Kumar *et al.* (2013).

Kumar *et al.* (2013) esclarecem que no desenvolvimento do SMD apresentado no Quadro 12 levam em conta as quatro perspectivas básicas do *balanced scorecard* de Kaplan e Norton (1992). Além disso, consideram a saúde, segurança e meio ambiente para tornar a medição de desempenho equilibrada e holística do ponto de vista organizacional.

2.9.6 Os Indicadores de Desempenho Adotados em Softwares Especializados

Dos *softwares* que são específicos para a gestão da manutenção de equipamentos e componentes e que são amplamente empregados na indústria manufatureira, sobressaem os seguintes:

- Engeman[®], da Engecompany⁶, que permite o cadastro de aplicações e materiais, controle de documentação, planos de manutenção, calendário de atividades periódicas, programações, controle de fornecedores, análise de causa e efeito de ocorrências, controle de custo da manutenção, controle dos serviços prestados, nivelamento de recursos, análise de falhas dinâmicas, movimentação visual de equipamentos, solicitações de serviço, e IDs;

- Sigma[®], da Rede Industrial⁷, com os seguintes módulos e funcionalidades sobre os equipamentos, a mão de obra, as ordens de trabalho, atividades de manutenção preventiva e preditiva, *checklist*, relatórios, gráficos, consultas, custos e estoques;

- SIEM[®], da Mfplan⁸, com módulos para cadastro de equipamentos, materiais e sobressalentes, programação diária, manutenção preventiva, histórico especializado, planos de inspeção, calibração, paradas, estatísticas e custo.

Contudo, nesses *softwares* os IDs devem ser definidos pelos gestores da manutenção, escolhendo as medidas que podem ser alimentadas com os dados do acompanhamento diário das atividades de manutenção.

2.10 DIRETRIZES PARA A CONCEPÇÃO DE UM SISTEMA DE INDICADORES PARA A MEDIÇÃO DO DESEMPENHO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO

Na gestão da manutenção, a maior questão para a medição do desempenho, de acordo com Kumar *et al.* (2013), é a seleção de IDs que reflitam a estratégia organizacional e que dêem informação quantitativa sobre o desempenho do tipo de manutenção. O objetivo para a medição de quaisquer eventos deve estar claramente definido de tal forma que se possa informar com clareza o que medir e onde se quer chegar (CABLE; DAVIS, 2004). Assim, o ID escolhido permite medir o grau com que o objetivo estabelecido é alcançado.

⁶ Disponível em <http://engeman.com.br/pt-br/>.

⁷ Disponível em <http://www.centrsigma.com.br/>.

⁸ Disponível em http://www.mfplan.com.br/siem_apresentacao.html.

Outro aspecto relevante é apontado por Muchiri *et al.* (2011) em que os IDs devem ser definidos como resultado de uma análise cuidadosa da interação entre a função manutenção e outras funções organizacionais.

Cable e Davis (2004) sugerem que os IDs podem ser aplicados para a medição dos processos mediante a análise de seus pontos críticos. Por exemplo, identificando transformações que impliquem riscos pessoais ou de materiais, etapas de processamento que levam a uma nova fase, que geram alto custo ou ainda que definam características essenciais ou fatores críticos de sucesso.

De maneira prática, a identificação e a seleção dos IDs é o primeiro passo para a medição do desempenho da manutenção (COETZEE, 2004). Isso pode ocorrer a partir da escolha dentre uma lista de IDs, levando em conta que:

- Deve-se manter um número adequado de IDs para cada uma dos aspectos ou dos fatores críticos de sucesso da manutenção;
- Deve-se ter sempre em mente o ciclo dos processos e o impacto nos resultados da manutenção, de modo que se garanta a medição de todos os fatores importantes;
- Pode ser impossível apurar algumas das medidas que compõem os IDs escolhidos devido às dificuldades da organização. Entretanto, para superar este impasse, pode-se redefinir os IDs de modo a ajustá-los.

Os IDs devem ser segmentados de modo que possam responder a cada um dos aspectos ou fatores da manutenção considerados relevantes pelos gestores. Entretanto, os IDs devem estar de tal maneira interconectados que possam ser facilmente interpretados e permitam a busca de uma conclusão satisfatória que dê suporte à tomada de decisão (KUMAR *et al.*, 2013).

A quantidade de IDs utilizados não precisa ser grande, uma vez que o excesso de IDs impede o entendimento quanto ao que se deve ser analisado prioritariamente e consome grande quantidade de recursos para a coleta e o processamento de dados (COSTA, 2003). Por óbvio que com uma quantidade limitada de IDs não se pode compreender em toda extensão todas as características de um processo, mas é possível, de acordo com Cable e Davis (2004), ter uma noção suficientemente precisa e clara do mesmo.

Os IDs também devem, ainda, refletir os vários níveis hierárquicos gerenciais uma vez que a seleção dos IDs também depende dos diversos usuários que requerem medidas diferentes para propósitos distintos, como já discutido na seção anterior. Ademais, os IDs de um determinado nível devem permitir compreender o comportamento dos indicadores dos níveis superiores (WIREMAN, 2005; BSI, 2019).

Vale destacar a necessidade de acompanhamento do conjunto de IDs por um determinado período de maneira que possa ser comparado contra uma base de referência, a fim de examinar as oportunidades para modificações (CABLE; DAVIS, 2004). Portanto, é importante a necessidade de um processo regular de revisão do SMD com foco na definição e seleção do conjunto de IDs. Como defendem Bourne *et al.* (2000), para que a estratégia organizacional e os IDs permaneçam alinhados, torna-se necessária rever regularmente os IDs contra as estratégias organizacionais que se modificam.

Com relação ao cálculo dos IDs, são relevantes, ainda, as seguintes regras básicas:

- O numerador e o denominador referem-se à mesma atividade ou item e ao mesmo período de análise e;
- A frequência da medição do desempenho pode ser predeterminada (por exemplo, calcular trimestralmente com dados coletados mensalmente).

Para Cabral (2013), os IDs têm, em comum, a necessidade da ocorrência da falha para que possam ser calculados. Todavia, as falhas devem acontecer em uma quantidade significativa para que sejam verdadeiramente expressivos. Isso leva às seguintes utilizações práticas:

- Períodos de análise longos, de quatro ou mais anos;
- Em um sistema composto por vários equipamentos, considerando que a falha de um dos equipamentos deixa o sistema inoperante, os IDs são calculados como referência ao sistema.

Antes de empregar a rotina de cálculo dos IDs, testar cada um dos IDs empregando uma amostra representativa de um período significativo a fim de validar os métodos de coleta e processamento dos dados, os métodos de cálculo e de apresentação gráfica, a análise e utilização dos mesmos. Lembrando-se que a forma gráfica é, geralmente, a mais adequada para representar os IDs, de acordo com o tipo e importância da série de dados.

Finalmente, deve-se conceber o *dashboard* com o conjunto de IDs selecionados.

3 A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

O propósito deste capítulo é relatar o conhecimento e a prática da gestão da manutenção de edificações, da medição do seu desempenho e da aplicação dos IDs.

Contudo, para a compreensão atual da gestão da manutenção predial torna-se relevante, inicialmente, enquadrá-la num sistema de gestão mais amplo, como fazem Bonetto e Sauce (2005) no Quadro 13.

Quadro 13 – Organização da gestão patrimonial

Nível de ação	Âmbito	Atividades
<i>Assets</i>	Estratégia patrimonial	Análise global
		Compra-venda
		Demolição, construção
<i>Property</i>	Administração	Gestão jurídica
		Gestão de taxas
		Gestão de garantias
	Segurança	Gestão dos controles regulamentares
	Operações	Programação
		Construção
Recebimento		
<i>Facility</i>	Gestão do uso	Gestão da locação
		Gestão das áreas
	Manutenção	Manutenção preventiva
		Manutenção corretiva
	Exploração	Controle das instalações
		Controle de acessos
		Gestão técnica de equipamentos e gestão técnica do edifício
		Gestão de energia
	Serviços associados	Recepção
		Telefonia

Fonte: Bonetto; Sauce (2005).

O nível mais alto da gestão, indicado no Quadro 13 como o nível de ação sobre os *assets*, diz respeito à estratégia patrimonial, ou seja, a gestão da evolução do patrimônio imobiliário da organização por meio da gestão de atividades relacionadas à constituição do patrimônio (aquisição, alienação e transferência) e das operações financeiras para tanto. O nível intermediário compreende a gestão administrativa da propriedade (*property*) e resume-se nas atividades administrativas com o objetivo de cumprir com as obrigações legais impostas aos proprietários das edificações, que são decorrentes de contratos de seguro, obrigações sociais e exigências

ambientais. O nível inferior inclui todas as atividades que propiciam o funcionamento e exploração dos *facilities*, que incorpora a gestão da manutenção de edificações.

Nesse contexto, destacam-se os conteúdos discutidos a seguir.

3.1 O CONCEITO DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

A definição para a manutenção de edificações empregada na literatura internacional recai, usualmente, nos significados estabelecidos em normas técnicas em que se destacam a EN 15331 (BSI, 2011), BS 8210 (BSI, 2020), ISO 15686-1 (ISO, 2011) e a ASTM E1480-92 (ASTM, 2013). A EN 15331 (BSI, 2011) descreve os critérios para projeto, gestão e controle dos serviços de manutenção para edificações e a BS 8210 orienta quanto à implementação de um sistema de gestão da manutenção (SGM) para edificações. Já as normas ISO 15686-1 e a ASTM E1480-92 abordam a gestão de ativos, dentre eles as edificações como ativos físicos. No Brasil, o termo manutenção de edificações está definido na norma de desempenho de edificações ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Em geral, a manutenção de edificações é compreendida conforme estabelecido na norma técnica europeia EN 15331 (BSI, 2011), que consiste na “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e gerenciais durante o ciclo de vida de um item com a intenção de mantê-lo ou restaurá-lo em um estado em que possa desempenhar a função requerida”.

Nessa mesma perspectiva, a norma técnica brasileira ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2013) define a manutenção de edificações como o “conjunto de atividades a serem realizadas ao longo da vida total da edificação para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus sistemas constituintes para atender às necessidades e segurança dos seus usuários”.

Portanto, o entendimento atual da manutenção de edificações envolve:

- A referência aos processos de manter e restaurar, em que manter relaciona-se mais à prevenção da manifestação das falhas e restaurar se refere aos serviços realizados após a ocorrência das falhas (WORDSWORTH, 2001; RICS, 2009);

- A consideração das atividades de preparação, financiamento e organização no escopo da manutenção, e não apenas aquelas relacionadas à execução da manutenção (CHANTER; SWALLOW, 2007);

- A ênfase aos aspectos organizacionais (administração e supervisão) que reflete uma crescente preocupação com a valorização da função gestão (WOOD, 2009);

- A noção de desempenho como uma função requerida, o que implica no entendimento dos requisitos para a utilização eficaz do edifício e suas partes e que, por sua vez, obriga a levar em conta o desempenho da edificação (CHANTER; SWALLOW, 2007);

- A eficácia do custo de manutenção atrelada ao desempenho do edifício. Shohet e Lavy (2004) definem a manutenção de edificações abrangendo as atividades que garantem continuamente a adequação do edifício ao uso de maneira rentável para um determinado nível de desempenho.

3.2 AS POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

As políticas de manutenção de edificações delineiam os papéis e as responsabilidades dos departamentos de manutenção predial e definem a alocação de recursos financeiros a fim de alcançar a eficácia da manutenção (THE UNIVERSITY OF QUEENSLAND, 2009). Nessa direção, Lee e Scott (2009) afirmam que a formulação das políticas de manutenção de edificações deve envolver três elementos essenciais: a escolha do tipo de manutenção; a definição do padrão de manutenção; e a alocação dos recursos de manutenção. Os autores argumentam que as atividades de manutenção predial não podem ser planejadas e executadas com sucesso sem o entendimento destes três elementos.

A norma técnica brasileira ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012) não define o termo política de manutenção de edificações e tampouco a descreve como parte de um SGM. Contudo, ao longo do texto, observa-se que são estabelecidas orientações à manutenção de edificações que podem ser compreendidas como políticas: promover a realização coordenada dos diferentes tipos de manutenção; preservar o desempenho previsto em projeto ao longo do tempo, minimizando a depreciação patrimonial; estabelecer o fluxo de informações; e estabelecer incumbências e autonomia de decisão dos envolvidos.

Chanter e Swallow (2007) descrevem as áreas em que se torna necessária a formulação das políticas de manutenção de edificações, para além da alocação e distribuição de recursos financeiros, recursos humanos (gerencial e operacional) e tempo, como:

- Os requisitos de desempenho da edificação e do sistema de gestão da manutenção predial;
- A execução dos serviços, ou seja, na especificação dos responsáveis, do período, dos procedimentos para a execução, supervisão e controle e das relações com outras atividades na organização;

- As atividades administrativas, como o tipo de departamento de manutenção predial necessário em função da administração das atividades operacionais ou do monitoramento e controle dos serviços de manutenção de edificações;

- O papel do departamento de manutenção predial e a sua relação com outros departamentos da organização.

Vale destacar os comentários de Raposo (2010) sobre as políticas de manutenção de edificações para os seguintes aspectos:

- Os requisitos da política de manutenção de edificações contêm os princípios de atuação do departamento de manutenção predial. Portanto, se refere: aos edifícios cuja degradação não é permitida; ao tipo de manutenção predial; os procedimentos para a inspeção predial; os parâmetros considerados na avaliação das necessidades de manutenção predial; e as formas de financiamento e da contratação de serviços de manutenção;

- Os padrões de operação: o desempenho mínimo admissível dos edifícios nos aspectos relacionados à higiene, segurança e saúde dos usuários; o intervalo de tempo aceitável entre a observação da falha e a sua solução; o cumprimento dos requisitos legais, regulamentares ou normativos; a periodicidade das inspeções prediais e; o balanço entre os recursos disponíveis e os necessários para a execução dos serviços de manutenção;

- O tipo de manutenção predial deve dar ênfase à coordenação entre as atividades planejadas e as não planejadas.

O estabelecimento necessário das políticas de manutenção não se dá apenas sobre as atividades diretas da manutenção de edificações, mas em relação a todos os aspectos que a afetam de alguma forma (CHANTER; SWALLOW, 2007). Assim, a política de manutenção deve orientar as outras etapas precedentes que constituem um empreendimento: os estudos preliminares; a elaboração dos projetos; e a execução das edificações.

A título de exemplo, dois documentos constando das políticas de manutenção de edificações em organizações de natureza pública foram analisados a fim de identificar os aspectos abordados anteriormente: o Estado de *Queensland* e a Universidade de *Queensland*, ambos na Austrália.

No Governo do Estado de *Queensland*, as políticas para a manutenção dos edifícios públicos são direcionadas aos departamentos de administração de edifícios sob sua jurisdição, cuja declaração aborda: o escopo de aplicação; a definição para a manutenção de edificações: os objetivos da manutenção e da estrutura de gestão da manutenção; as funções e as responsabilidades dos departamentos; a descrição dos elementos que compõem a estrutura de gestão da

manutenção; e a responsabilidade pela implementação e revisão dessas políticas (QUEENSLAND GOVERNMENT, 2017a).

Na Universidade de *Queensland*, os gestores formulam as políticas de manutenção de edificações envolvendo as seguintes questões: padrões de manutenção (classifica as atividades de manutenção segundo a importância da edificação); tipos de manutenção (classifica as atividades de manutenção conforme a sua natureza); tipos (descreve os procedimentos); responsabilidades de financiamento; avaliação das edificações e seus sistemas (classifica os níveis de inspeção predial); a contratação de serviços terceirizados (principalmente aqueles relacionados com o tipo preventivo); priorização (classifica as prioridades e define os prazos de resposta); e a medição do desempenho da manutenção (define os indicadores de desempenho e estabelece suas metas) (THE UNIVERSITY OF QUEENSLAND, 2009).

3.3 OS OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

Thaheem, De Marco e Mughal (2013) expressam os objetivos da manutenção de edificações em:

- Garantir uma condição de segurança às edificações e os serviços associados às mesmas;
- Garantir uma condição de utilização às edificações;
- Garantir o atendimento a todas as exigências legais;
- Executar o serviço necessário a fim de preservar a qualidade da edificação.

De outra forma, Cabral (2013) distingue os objetivos da manutenção relacionados aos:

- Objetivos regulamentares, como a otimização do funcionamento dos equipamentos e instalações, o cumprimento dos requisitos mínimo de conforto ambiental e de qualidade do ar interior e o controle da eficiência energética;

- Objetivos técnicos, como a eficiência da manutenção preventiva, a resposta rápida e eficiente para a situação de falha, as melhorias na manutenibilidade e no rendimento das instalações;

- Objetivos econômicos, como a otimização dos custos de manutenção, dos custos de funcionamento e operação e da boa imagem comercial.

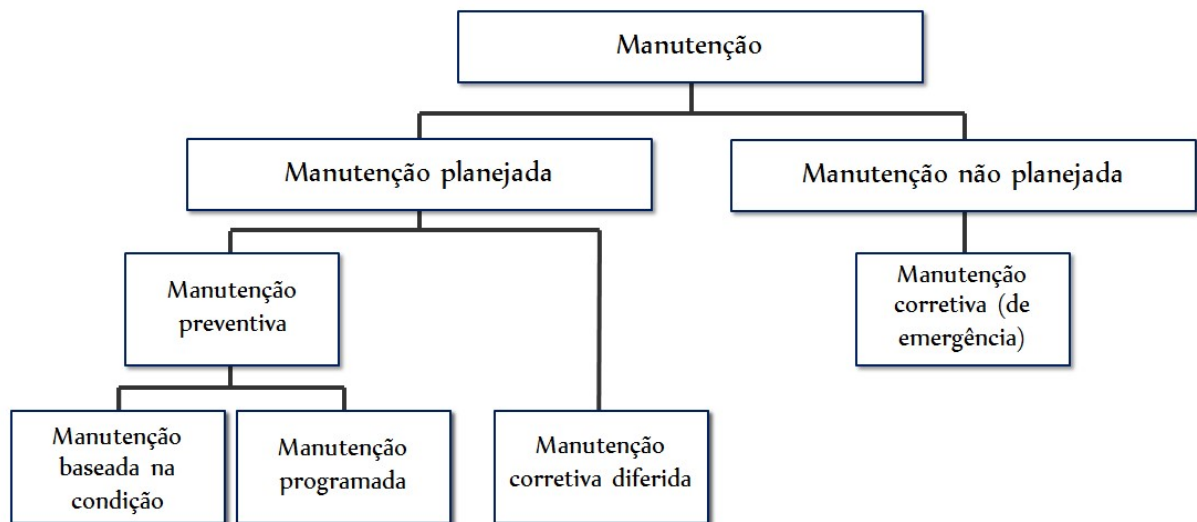
Para exemplificar, novamente são analisados os objetivos da manutenção dos edifícios públicos estabelecidos pelo Governo do Estado de Queensland (QUEENSLAND GOVERNMENT, 2017b). Os objetivos estabelecidos são: atender os padrões de manutenção definidos; focar no impacto que a condição da edificação exerce sobre os serviços prestados nestes edifícios públicos e a exposição ao risco; minimizar o custo do ciclo de vida da

edificação; fazer o melhor uso dos recursos da manutenção; e manter e atualizar as informações mais importantes sobre a manutenção de edificações. Assim, os principais resultados alcançados com a realização da manutenção das edificações públicas são a disponibilidade para cumprir suas funções e operar em condição física adequada para prestar serviços à comunidade e atender a todas as exigências legais e técnicas, de modo a garantir a saúde, segurança e confiabilidade.

3.4 OS TIPOS DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

A norma europeia EN 15331 (BSI, 2011) classifica os tipos de manutenção de edificações em preventivo e corretivo. A manutenção preventiva, por sua vez, diferencia-se em manutenção baseada na condição, manutenção predeterminada e manutenção de oportunidade (que consistem nas atividades de manutenção que podem ser postergadas). A manutenção corretiva normalmente refere-se às falhas inesperadas. Não obstante, esses tipos podem ser agrupados em manutenção planejada e não planejada, como representadas por Chanter e Swallow (2007) no diagrama da Figura 14.

Figura 14 – Classificação dos tipos de manutenção para edificações



Fonte: Chanter; Swallow (2007).

A manutenção preventiva é aquela realizada em intervalos predeterminados (manutenção programada) ou de acordo com critérios preestabelecidos (manutenção baseada na condição) e destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a perda de funcionalidade. Para Flores-Colen, de Brito e de Freitas (2008) e Crespo Márquez *et al.* (2009), na manutenção de edificações o

tipo planejado é fortemente dependente da inspeção predial em termos da avaliação da condição da edificação e suas partes.

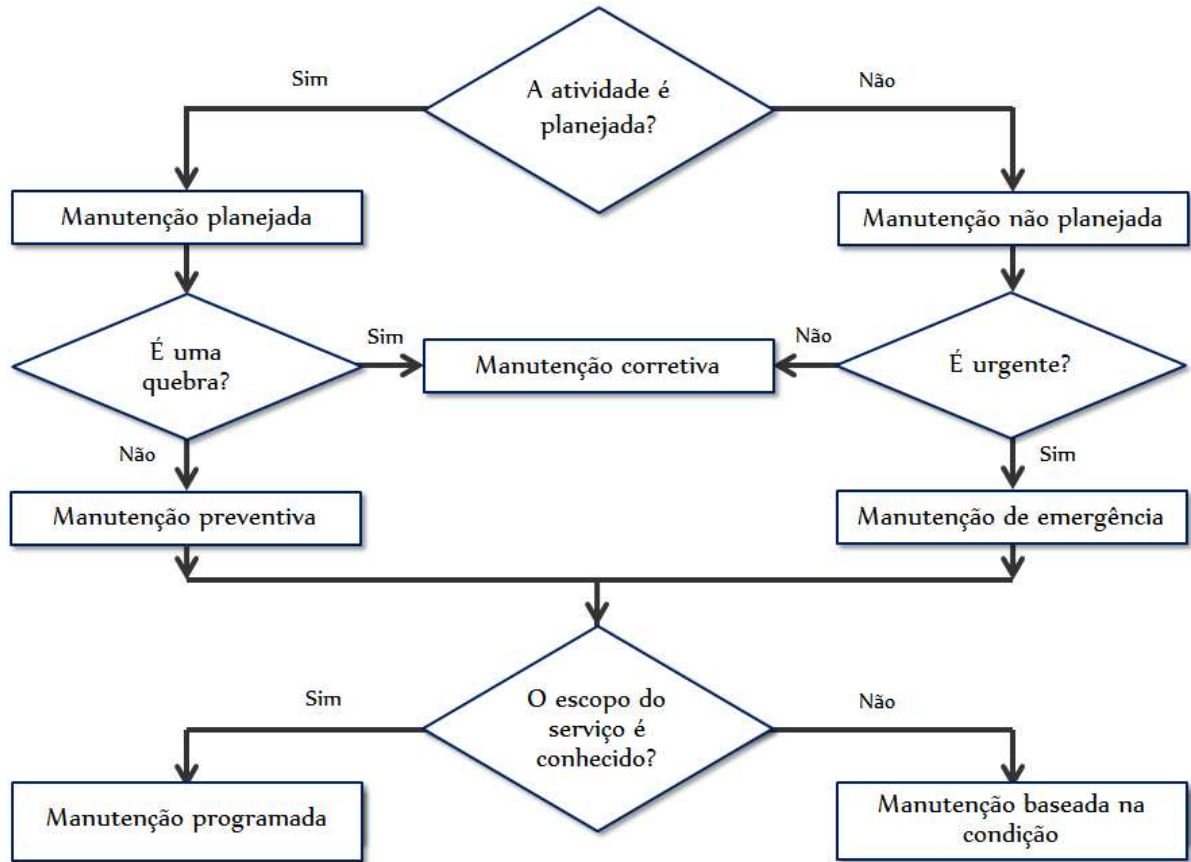
A manutenção corretiva é aquela realizada após o reconhecimento da falha e dirigida para colocar um item em um estado no qual possa desempenhar sua função requerida. Se a manutenção corretiva puder ser postergada, distingue-se como manutenção corretiva diferida.

A norma técnica brasileira ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012) também distingue os tipos de manutenção em preventivo e corretivo. A manutenção preventiva é caracterizada pela realização de serviços programados, priorizando a solicitação dos usuários, estimativas de durabilidade, gravidade e urgência e relatórios de verificações periódicas da condição da edificação e suas partes. A manutenção corretiva é caracterizada por serviços que demandam intervenção imediata a fim de permitir a continuidade do uso da edificação, ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e/ou patrimoniais. Cabe destacar que a norma brasileira prevê, ainda, a manutenção rotineira caracterizada por um fluxo constante de serviços padronizados e cíclicos. Por exemplo, a limpeza geral e lavagem de áreas comuns.

Com respeito à seleção do tipo, a manutenção de edificações é uma composição de diferentes subtipos (BSI, 2011). Desse modo, a manutenção preventiva pode ser necessária para os sistemas críticos (por exemplo, elevadores, sistemas de prevenção e combate a incêndio, estrutural) e a corretiva pode ser suficiente para os sistemas menos críticos (por exemplo, janelas, revestimentos, pintura). Todavia, estabelece-se que a manutenção corretiva somente será adotada quando não for viável, por razões econômicas e técnicas, empregar a manutenção preventiva. Além disso, quando ainda é aceitável o estado de degradação de partes não críticas do edifício.

A seleção do tipo de manutenção de edificações pode-se apoiar no esquema de Chanter e Swallow (2007), apresentado no diagrama da Figura 15. Assim, na ocorrência de falha que acarrete uma situação urgente, com impacto na saúde e segurança dos usuários da edificação e que não possa ser postergada, realiza-se a manutenção de emergência. Se não for urgente e por algum motivo torna-se necessário adia-la (por exemplo, por falta de recursos, impossibilidade em paralisar o uso da edificação ou condições climáticas inadequadas), executa-se a manutenção corretiva diferida. Por outro lado, se forem realizados ensaios ou inspeções periódicas que relatem o estado físico e funcional das partes da edificação e que permitam planejar as atividades de manutenção antes da ocorrência da falha, pratica-se a manutenção baseada na condição. Entretanto, se as atividades de manutenção forem planejadas segundo um programa predeterminado, põe-se em ação a manutenção programada.

Figura 15 – Árvore de decisão para o tipo de manutenção de edificações



Fonte: Chanter; Swallow (2007).

Portanto, a distinção dos tipos de manutenção não se dá apenas pela ação em relação ao momento das falhas, mas também pelo nível de planejamento aplicado nas mesmas. Por essa razão, a manutenção centrada na confiabilidade (RCM) é recomendada na EN 15331 (BSI, 2011) como um método apropriado para identificar de maneira estruturada o tipo de manutenção.

3.5 O PLANO DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

O plano de manutenção é estruturado segundo os sistemas, elementos e componentes construtivos que constituem uma edificação. O plano deve definir, de acordo com as normas técnicas ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012) e EN 15331 (BSI, 2011):

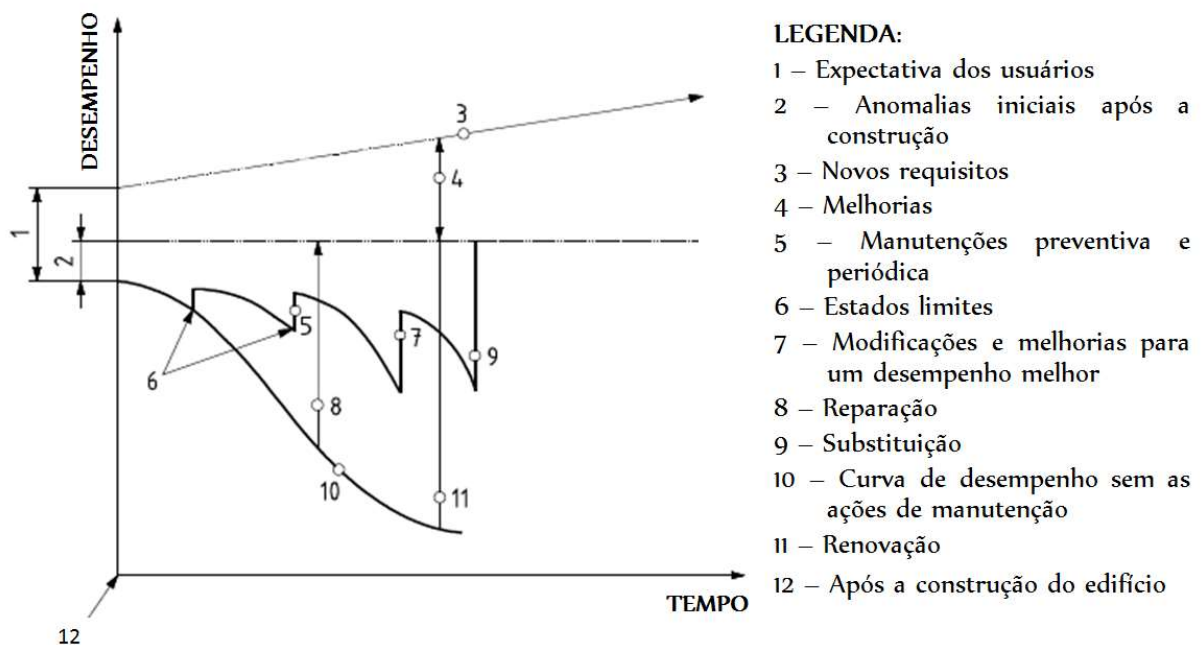
- A combinação dos tipos de manutenção;
- Os métodos para as inspeções periódicas com a frequência estabelecida;
- O cronograma de intervenções e inspeções;
- Os métodos para a execução das intervenções com o plano de manutenção associado;
- A designação dos funcionários para as atividades de manutenção;

- O critério para a medição e monitoramento das atividades;
- O orçamento da manutenção.

3.6 AS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

As atividades de manutenção de edificações são atualmente classificadas em relação ao impacto no desempenho da edificação e de suas partes, como representado na Figura 16.

Figura 16 – Intervenções da manutenção na vida útil de um ativo construído



Fonte: ISO 15686-7 (ISO, 2017).

Como pode ser observado na Figura 16, colocada a edificação em serviço, a curva de degradação pode ser suavizada, prolongando a vida útil, com a execução das seguintes atividades de manutenção: manutenção preventiva (curva nº 5); modificações (curva nº 7); reparação (curva nº 8); substituição (curva nº 9); e renovação (curva nº 11). A curva nº 10 expressa a degradação sem a realização de quaisquer atividades de manutenção, até atingir o final da vida útil.

De maneira simplificada, embora abrangendo os mesmos conceitos, Hallberg (2009) agrupa as atividades de manutenção das edificações em: manutenção (*maintenance*); reparação (*repair*); e reabilitação (*rehabilitation*). Nesse caso, a manutenção refere-se à realização de atividades periódicas ao longo do tempo. Sem que ocorram manutenções periódicas e ao se atingir

um nível mínimo de desempenho, a reparação é a atividade executada tem a intenção de devolver o desempenho inicial à edificação. E, a reabilitação diferencia-se da reparação por elevar o nível de desempenho acima do inicial.

A remodelação (*refurbishment*) das edificações é uma atividade que resulta na implantação, alterações, expansões dos elementos construtivos, desde pequenos projetos até grandes que impactam no conforto térmico (paredes, telhados, pisos) e/ou instalações prediais (iluminação, aquecimento, ventilação) e outras partes (janelas, clarabóias, portas de entrada).

Todavia, alguns autores não consideram a remodelação como uma atividade de manutenção de edificações. Não há uma fronteira clara na literatura distinguindo quais as atividades que podem ser consideradas como de manutenção e quais não. Por exemplo, para o Governo do Estado de *Queensland*, não são consideradas como atividades de manutenção de edificações (QUEENSLAND GOVERNMENT, 2017b) as seguintes:

- As melhorias e atualizações da edificação a fim de propiciar nova capacidade de serviço ou adicional, bem como nova função;
- A atualização para atender às novas exigências legais;
- O prolongamento da vida útil da edificação por intermédio de uma grande reforma;
- A restauração completa da edificação após uma falha total (por exemplo, resultante de um desastre natural);
- Os serviços realizados cobertos por garantia ou defeitos no período de garantia;
- O fornecimento de serviços públicos, como energia elétrica, água e telecomunicações.

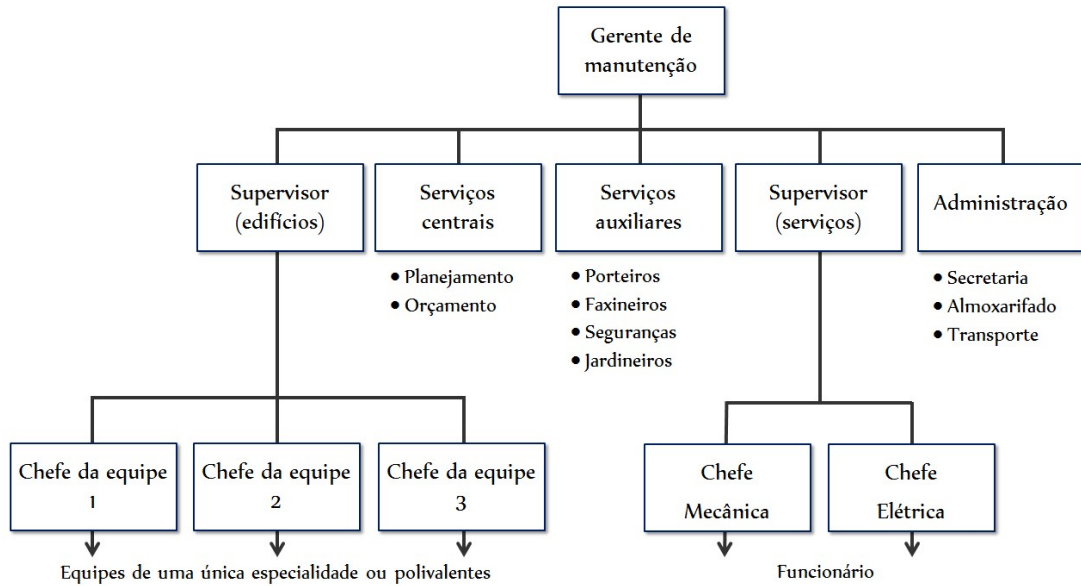
3.7 A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

A gestão da manutenção de edificações, de acordo com Wordsworth (2001), refere-se à forma como as edificações são mantidas. Nesse sentido, pode ser compreendida por um conjunto de procedimentos organizados para gerenciar as atividades de manutenção (ABNT, 2012).

Com relação à estruturação organizacional, um departamento de manutenção de edificações pode ser arranjado de modo centralizado ou descentralizado, segundo os locais nos quais serão realizadas as atividades de manutenção.

Em um departamento de manutenção organizado de maneira centralizada, as atividades de manutenção são distribuídas às equipes de acordo com as suas especialidades e atendem a todo o portfólio de edificações, como representado no diagrama da Figura 17.

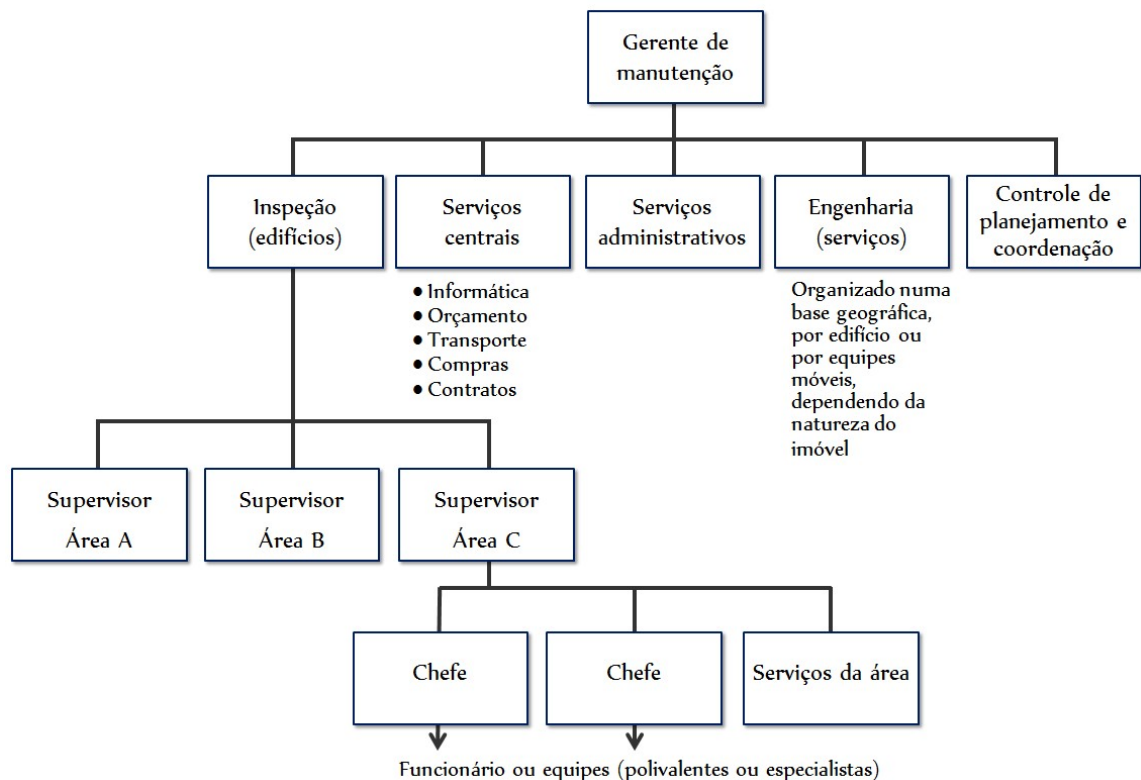
Figura 17 – Estrutura organizacional centralizada da gestão da manutenção de edificações



Fonte: Chanter; Swallow (2007).

Já na organização descentralizada, as equipes são distribuídas por área do portfólio, conforme esquematizado na Figura 18.

Figura 18 – Estrutura organizacional descentralizada da gestão da manutenção de edificações



Fonte: Chanter; Swallow (2007).

Entre essas duas estruturas organizacionais há diferenças significativas no que diz respeito aos aspectos operacionais. A diferença mais relevante está relacionada ao tamanho necessário do departamento de manutenção, que variará segundo a política estabelecida pela organização levando em conta: a natureza e complexidade do estoque de edificações; a quantidade e diversidade das atividades de manutenção; a geografia e topografia do portfólio de edificações; as restrições no prazo para a execução das atividades de manutenção; a utilização de mão de obra própria ou terceirizada; e o nível de expertise das equipes de trabalho (CHANTER; SWALLOW, 2007).

Hallberg (2009) representa a gestão da manutenção de edificações conforme o modelo da Figura 19. No modelo formulado, a gestão da manutenção de edificações deriva, inicialmente, do tipo de manutenção estabelecido que, por sua vez, depende dos requisitos e objetivos definidos pela organização. Na sequência, as atividades de manutenção são executadas de acordo com o programa e planejamento da manutenção. A medição e análise dos resultados obtidos levam à proposição de melhorias e a oportunidade para replanejamento de recursos, impactando na redefinição dos requisitos e objetivos da manutenção. Observa-se, portanto, que o modelo adotado pelo autor para a gestão da manutenção de edificações é orientado por processos cíclicos e organizado segundo o ciclo PDCA.

Figura 19 – Modelo do sistema de gestão da manutenção de edificações

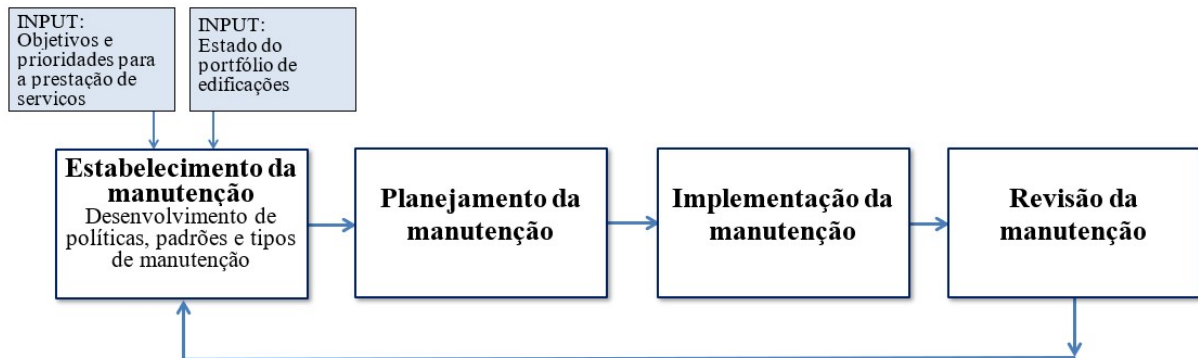


Fonte: Hallberg (2009).

É oportuno destacar que o modelo proposto Hallberg (2009) é originário da indústria de manufatura, em que o autor se fundamenta em Ekström *et al.* (2006) para formulá-lo.

Na prática da gestão da manutenção de edificações públicas relatada na literatura, vale destacar o modelo empregado pelo Governo do Estado de *Queensland* (QUEENSLAND GOVERNMENT, 2017a), como vem representado no diagrama da Figura 20.

Figura 20 – Modelo do sistema de gestão da manutenção de edificações públicas do Governo do Estado de Queensland, na Austrália



Fonte: Queensland Government (2017a).

No modelo reproduzido na Figura 20, observa-se que os processos da manutenção de edificações são também organizados de maneira cíclica. Inicialmente são estabelecidas as políticas, padrões e tipos de manutenção que propiciam o planejamento das atividades de manutenção. O planejamento compreende a avaliação das condições da edificação por meio da inspeção predial, que leva ao planejamento e a orçamentação das atividades e deriva no plano de manutenção. Em seguida, são implementadas as atividades de manutenção, isto é, a execução das atividades de manutenção conforme o plano. Com base na revisão dos resultados obtidos num sistema de informação para a coleta de dados, o SGM pode ser modificado e melhorado.

Na literatura, os processos da manutenção de edificações identificados nos modelos de Hallberg (2009) e do Governo do Estado de *Queensland* (QUEENSLAND GOVERNMENT, 2017a) são também adotados por diversos autores. Chanter e Swallow (2007) descrevem os departamentos de manutenção predial organizados por processos, compreendendo a identificação dos trabalhos de manutenção (tanto os planejados quanto os de emergência), as instruções para os trabalhos transmitidos à equipe de manutenção, a execução, supervisão, aprovação e avaliação do trabalho e, finalmente, a autorização e pagamento. Raposo (2010), em seu trabalho de tese, reconhece os processos da gestão da manutenção como são os representados pelo Governo do Estado de *Queensland*. Lessa e Souza (2010) distinguem os processos também segundo o conceito do ciclo PDCA, consistindo em planejamento e programação dos serviços e recursos, execução, controle e acompanhamento e a avaliação e ações de melhoria.

Em busca de relatos na literatura, especialmente sobre a prática da gestão da manutenção de edificações num *campus* universitário, destaca-se a descrição de Wood (2009) para o SGM da *Oxford Brookes University*, em Oxford (Inglaterra). Nessa organização, a gestão da manutenção predial se desenvolve no âmbito da *facility management* (FM). A FM está centralizada

num escritório operado por três gestores, um diretor geral e mais dois gerentes. Juntos assumem a responsabilidade por definir as estratégias e os objetivos do SGM, dos acordos de nível de serviço (SLA), da aquisição, gerenciamento e alienação de propriedades, da contratação e gestão dos projetos de infraestrutura, da manutenção e da gestão de riscos.

O planejamento das atividades de manutenção de edificações nessa universidade britânica está fundamentado na inspeção dos edifícios, que resulta na elaboração do plano de manutenção. O plano é produzido para cada edificação, especificando as atividades de manutenção a realizar em cada semana do ano. Há, portanto, um processo configurado para a identificação dos trabalhos de manutenção que alimenta o processo de planejamento e programação das atividades de manutenção por edificação.

Wood (2009) descreve a execução das atividades de manutenção realizada por equipe de funcionários internos ou por terceirizados contratados (empreiteiros). O sistema dispõe de um serviço de atendimento ininterrupto (tipo 24/7) às solicitações de manutenção dos usuários das edificações, com tempo de resposta definido de acordo com a prioridade. Mensalmente, são elaborados relatórios por edificação como um instrumento para monitorar o desempenho físico e funcional do edifício, bem como o controle da execução das atividades de manutenção. Além disso, a universidade monitora o desempenho da execução das atividades de manutenção quanto à economia, eficiência e eficácia, que inclui a avaliação de competitividade de preços, responsabilidade para o cumprimento das atividades, agilidade de resposta e comunicação e a qualidade dos serviços. O monitoramento considera, ainda, uma pesquisa de satisfação dos usuários e o registro de suas reclamações.

No Brasil, em sua tese de doutorado Ferreira (2017) investiga a gestão da manutenção de edificações praticada nas onze instituições federais de ensino superior (IFES) mineiras. A autora levanta as características do SGM existentes nessas organizações, como: estrutura organizacional centralizada na PCU; a maioria dos funcionários é terceirizada; não há políticas de manutenção declaradas; operam com o tipo de manutenção corretiva, identificando as atividades de manutenção segundo o grau de risco das falhas construtivas; não há inspeção predial, nem plano de manutenção; o cadastro físico do portfólio das edificações é incompleto e impreciso; não se utilizam *softwares* como ferramenta da gestão da manutenção predial, exceto as planilhas eletrônicas do Excel Microsoft® para o registro das atividades executadas. A autora propôs um modelo para a gestão baseado no tipo planejado sistemático para a solução dessa situação. O modelo é composto por dois processos: (i) o registro de dados das edificações e das atividades de manutenção executadas; (ii) o planejamento e a programação das atividades de

manutenção por meio de software específico desenvolvido pela autora; e (iii) a elaboração do plano de manutenção. A execução das atividades é realizada pela organização conforme o plano de manutenção, com controle por meio *software* específico desenvolvido pela autora.

Besiktepe, Ozbek e Atadero (2020) conduziram entrevistas estruturadas *on-line* com membros da *International Facility Management Association* (IFMA) e da *Leadership in Educational Facilities* (APPA), nos EUA. Essas associações são reconhecidas por ter profissionais envolvidos na prática da FM nos *campi* universitários públicos e privados. O objetivo da pesquisa foi identificar um conjunto de critérios utilizados na tomada de decisão pelos gestores na manutenção de edificações. As decisões referem-se à escolha das atividades de manutenção, isto é, na definição do tipo de manutenção. Cerca de 44,9% dos respondentes afirmaram que a experiência anterior e a opinião de especialistas eram suas principais práticas na tomada de decisão, 21,6% responderam que empregavam modelos multicritérios para a tomada de decisão, 18,5% adotavam as práticas *run-to-failure*, e 15% refletiam modelos particulares, como a avaliação da vida útil, análise do custo do ciclo de vida (LCC), manutenção diferida e registros históricos da manutenção.

Besiktepe, Ozbek e Atadero (2020) conduziram, ainda, uma revisão sistemática da literatura com o mesmo foco do parágrafo anterior. Os autores constataram que, para fazer frente ao desenvolvimento de tipos eficazes da gestão de manutenção de edificações, as pesquisas estão, ainda que poucas, concentradas em desenvolvimentos tecnológicos, como a modelagem de informação da construção (BIM), o uso de sistemas informatizados de gestão da manutenção (CMMS), estruturas genéricas de gestão de ativos e tipos de manutenção preventiva.

3.8 A MEDIÇÃO DO DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

A medição do desempenho da manutenção de edificações tende a se concentrar, em geral, em custos diretos pelo fato de ser considerada uma despesa e não um investimento, como argumentam Rocha e Rodrigues (2017). Contudo, os autores defendem que deve ser analisada por meio de uma perspectiva mais ampla que inclua aspectos estratégicos dos ativos físicos.

Esses aspectos estratégicos estão associados à tomada de decisão em manutenção de edificações, em que muitas vezes deve-se levar em conta critérios complexos, conflitantes e concorrentes. Os critérios mais frequentes mencionados na literatura, conforme levantados por Besiktepe, Ozbek e Atadero (2020), foram: o custo da atividade de manutenção; a ocupação da edificação; a saúde e segurança; a condição física e funcional; e a sustentabilidade. Por exemplo, para a tipo preventivo da manutenção das fachadas de uma edificação, os fatores utilizados

são a condição, o risco e o custo (FLORES-COLEN; de BRITO; FREITAS, 2010). Na perspectiva dos proprietários de edificações residenciais, a condição e o custo (YAU, 2012). Todavia, à luz da revisão de literatura realizada por Besiktepe, Ozbek e Atadero (2020), o custo da manutenção é criticamente importante na tomada de decisão em manutenção de edificações. Por conseguinte, se os recursos financeiros não forem suficientes, as práticas da manutenção de edificações serão ineficazes (RILEY; COTGRAVE, 2005).

As principais práticas para a medição do desempenho relatadas na literatura são o *benchmarking*, o método *balanced scorecard* (BSC), as técnicas da avaliação pós-ocupação (APO) e a medição por meio de IDs (LAVY; GARCIA; DIXIT, 2014). Por exemplo, Amaratunga *et al.* (2002) adotam o método BSC para a medição e gerenciamento do desempenho estratégico das instalações de saúde do Serviço Nacional de Saúde (NHS) britânico.

Rocha e Rodrigues (2017) revisaram sistematicamente a literatura sobre o estado do conhecimento e os principais aspectos que contribuem para a organização da manutenção de edificações. Os resultados da revisão sistemática a que chegaram dão conta de que o desempenho e os tipos de manutenção de edificações são suportados por: metodologias de vida útil; modelos de definição de planos e manuais de manutenção; avaliações quantitativas de elementos e componentes; modelos de apoio à tomada de decisão; na otimização baseada no conhecimento da manutenção de edifícios; no emprego de IDs conforme estabelecidos na EN 15341 (BSI, 2019); e em *benchmarking*.

Lavy, Garcia e Dixit (2014) argumentam que o desenvolvimento de IDs é uma etapa importante no processo de medição de desempenho, pois possibilita expressar o desempenho de um *facility* de maneira holística. Para isso, a medição do desempenho está sempre atrelada ao uso de IDs específicos que nos permitem sintetizar fenômenos sem perder o valor sistêmico das informações (LADIANA, 2007).

Consequentemente, os IDs podem ser categorizados segundo as várias perspectivas da manutenção de edificações que se quer medir. Lavy, Garcia e Dixit (2014) afirmam que a seleção dos IDs depende de quem utiliza a medição do desempenho (por exemplo, executivos, gerentes ou supervisores), da natureza pública ou privada da organização, dos objetivos da medição (financeiros, funcionais ou físicos) e das tendências prevalentes.

Também na manutenção de edificações, os IDs devem estar relacionados aos três níveis hierárquicos gerenciais: estratégico; tático; e operacional (DEJACO; RE CECCONI; MALTESE, 2017; MORETTI; RE CECCONI, 2019). Assim, os IDs de um determinado nível são uma descrição detalhada dos IDs de níveis superiores.

No que concerne ao emprego dos IDs em tipos de organizações, as pesquisas mais recentes sobre a gestão da manutenção de edificações relatam o uso mais frequente de IDs na medição do desempenho nas instalações hospitalares, como é o caso de Enshassi e Shorafa (2015), Omar, Ibrahim e Omar (2016), Shohet e Nobili (2017) e Shohet e Lavy (2017).

Lam, Chan e Chan (2010) descrevem as características mais relevantes de um sistema holístico para a medição do desempenho da manutenção de edificações, que são:

- A capacidade de avaliar a contribuição da função de manutenção aos objetivos estratégicos do negócio;
- A capacidade de identificar os pontos fortes e fracos do tipo de manutenção implementada;
- A capacidade de estabelecer uma base para um tipo de manutenção usando dados qualitativos e quantitativos, e;
- A capacidade de reavaliar os critérios usados no *benchmarking*.

No âmbito da *facility management* (FM), a medição do desempenho deve estabelecer critérios, de acordo com a ABNT NBR ISO 41001 (ABNT, 2020b), para:

- Assegurar que os serviços indentificados como mais críticos aos objetivos estratégicos da organização tenham o foco principal e os critérios de sucesso mais rigorosos;
- Identificar os resultados de desempenho que possam atender a um ou mais dos seguintes itens, como indicar antecipadamente um risco de falha, alinhar com os objetivos estratégicos de modo a indicar o sucesso da organização, e levar a oportunidades de melhoria alcançáveis;
- Identificar e selecionar um número adequado e uma mistura de métricas operacionais e de processo, métricas de gestão e IDs resumidos para permitir uma visão ampla do desempenho;
- Agregar IDs que possam ser consolidados para a alta direção permitindo-a a tomar decisões informadas em relação às estratégias e prioridades (múltiplos indicadores);
- Coletar e combinar dados em ordem correta que permitam a medição do desempenho em cada nível e permitam adequada análise e ação corretiva;
- Estabelecer comparadores realistas contra os quais o desempenho esperado será medido;
- Estabelecer um método adequado de amostragem e avaliação no caso de múltiplos itens.

Portanto, em síntese, deve-se garantir, aos gestores da manutenção de edificações, meios para medir o desempenho, que (RICS, 2018):

- Estejam relacionados aos objetivos estratégicos;
- Sejam práticos, quanto à coleta de dados;
- Apresentem melhor custo-benefício para medir;

- Sejam significativos para os níveis gerenciais;
- E úteis para a correção das ações ou para realizar a melhoria do SGM.

3.9 OS INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

O desempenho da manutenção resulta de atividades complexas que podem ser avaliadas por intermédio de IDs apropriados para medir os resultados reais e esperados (BSI, 2019).

Lam, Chan e Chan (2010) afirmam que, embora poucas pesquisas visem identificar os IDs para a manutenção de edificações, há possibilidade de empregar os IDs tradicionalmente aceitos na gestão da construção (tempo, custo, qualidade e segurança) para também avaliar o desempenho da manutenção predial. Por outro lado, a revisão sistemática da literatura conduzida por Rocha e Rodrigues (2017), já discutida, destaca que a medição do desempenho da manutenção de edificações também se utiliza dos mesmos IDs estabelecidos na norma EN 15341 (BSI, 2019) originária da manutenção industrial.

Há uma enorme lista de IDs disponíveis na literatura para a aplicação da medição do desempenho, levantadas por diversos autores. Contudo, Lavy, Garcia e Dixit (2014) concordam que deve haver uma lista de IDs relativamente fácil de serem mensuráveis e que demonstrem uma aplicabilidade ampla, uma abordagem holística para a avaliação de desempenho, concisão, relevância e classificação adequada.

3.9.1 Composição dos Indicadores de Desempenho

Tomando como referência a classificação da gênese dos IDs para a manutenção proposta por Cabral (2013), os IDs estão associados a um dos quatro elementos fontes de medição: falha; tempo; custo; e disponibilidade. No âmbito da gestão da manutenção de edificações, pode-se substituir a disponibilidade por manutenibilidade. Dentre eles, cabe discutir sobre a falha, o custo e a manutenibilidade a seguir.

3.9.1.1 Falha

No contexto da manutenção de edificações, Bonetto e Sauce (2005) defendem que manter os edifícios em condições operacionais consiste em garantir um adequado nível de disponibilidade do patrimônio imobiliário, ou seja, que possam cumprir as funções para os quais eles foram projetados e construídos.

Cumprir as funções está associado a atender os requisitos dos usuários, atrelado ao conceito de desempenho estabelecido, por ora, no contexto da construção civil com a vigência da norma de desempenho de edificações habitacionais ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2013). Por desempenho, compreende-se o comportamento em uso da edificação e de suas partes.

A falha é a ocorrência que prejudica a utilização do sistema ou do elemento, resultando num desempenho inferior ao requerido (ABNT, 2013). Nesse sentido, a falha pode ser entendida como a manifestação de anormalidades construtivas nas edificações e suas partes. Esse conceito leva Pheng e Wee (2001) a definirem uma edificação como defeituosa quando há uma falha ou deficiência na função, requisitos legais ou exigências dos usuários na estrutura, no envelope⁹, nas instalações prediais ou em outros sistemas.

Levando em conta a norma técnica brasileira de inspeção predial ABNT NBR 16747 (ABNT, 2020), as anomalias construtivas correspondem às irregularidades, anormalidades e exceção à regra que ocasionam a perda de desempenho da edificação ou suas partes. Portanto, podem comprometer a segurança, funcionalidade, operacionalidade, saúde dos usuários, conforto térmico, acústico e lumínico, acessibilidade, durabilidade, vida útil, dentre outros parâmetros definidos na norma de desempenho de edificações habitacionais ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2013). Estas não conformidades podem estar relacionadas a desvios técnicos e de qualidade da construção. Podem, ainda, não atender aos parâmetros de conformidade previstos para os sistemas construtivos e equipamentos instalados, tais como os dados e recomendações dos fabricantes, manuais técnicos em geral, projetos e memoriais descritivos e normas.

Assim, as anomalias construtivas são classificadas, de acordo com a ABNT NBR 16747 (ABNT, 2020), em:

- Endógena, com origem na própria edificação (projeto, materiais e execução);
- Exógena, com origem nos fatores externos a edificação, provocados por terceiros;
- Natural, originada por fenômenos da natureza;
- Funcional, originada da degradação de sistemas construtivos devido ao envelhecimento natural e, conseqüentemente, o término da vida útil.

Por vezes, são também empregados os termos vício e defeito de construção mais para atender a uma classificação de natureza jurídica do que para a engenharia civil.

⁹ O envelope de uma edificação é composto por todos os elementos construtivos de uma edificação que separam o seu interior do ambiente externo: a cobertura (laje, impermeabilização, isolamentos, telhado), as paredes (incluindo as janelas), o piso e as fundações.

Para uma edificação e suas partes¹⁰, tomando como referência a ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2013), a vida útil (VU) é o intervalo de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção.

Quanto às condições que interferem na VU de uma edificação, a ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2013) imputa os seguintes fatores: correto uso e operação da edificação e de suas partes; a constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção; alterações climáticas e níveis de poluição no local da obra; e mudanças no entorno da obra ao longo do tempo (trânsito de veículos, obras de infraestrutura, expansão urbana).

3.9.1.2 Custo

El-Haram e Horner (2002) definem os custos da manutenção de edificações como todos aqueles associados às atividades de manutenção, distinguindo-os entre custos diretos e indiretos. Assim, podem ser expressos por meio das Equações 23 até 25.

$$M_c = DM_c + IM_c \quad \text{Eq. 23}$$

$$DM_c = C_l + C_m + C_e \quad \text{Eq. 24}$$

$$IM_c = C_a + C_o + C_p \quad \text{Eq. 25}$$

Onde:

M_c é o custo das atividades de manutenção;

DM_c são os custos diretos;

IM_c são os custos indiretos;

C_l é o custo da mão de obra;

C_m é o custo do material e dos sobressalentes;

C_e é o custo dos equipamentos e ferramentas;

C_a é o custo da administração e gestão;

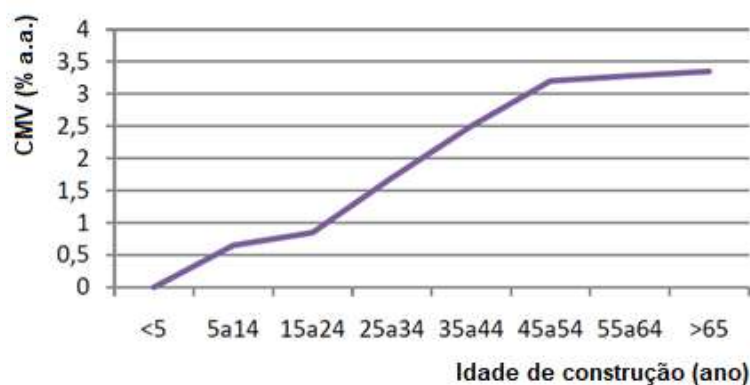
C_o são as despesas gerais e;

C_p é o custo das sanções ou perda de receita.

¹⁰ Uma edificação pode ser analisada sob a ótica da composição de níveis funcionais. Nesta perspectiva, a edificação é formada por vários subsistemas (estrutural, vedações verticais internas e externas, pisos, cobertura, instalações elétricas e hidrossanitárias). Cada um desses subsistemas é constituído por diferentes elementos e componentes de construção. Por sua vez, os elementos e componentes construtivos são compostos por diferentes materiais de construção, em que cada qual é considerado como um item para os propósitos da gestão da manutenção predial.

Em geral, o custo das atividades de manutenção de edificações aumenta, sobretudo, em função da idade da edificação. Esse comportamento pode ser observado empregando-se o ID denominado de custo de manutenção por valor de reposição (CMV), como representado no gráfico da Figura 21. O CMV expressa, em porcentagem, a relação entre o custo anual das atividades de manutenção (M_c) dispendido em uma edificação e o seu custo de construção.

Figura 21 - Comportamento do custo de manutenção por valor de reposição de edificações (CMV)



Fonte: Adaptado de Marteinsson e Jónsson (1999) *apud* Ferreira (2009).

No gráfico da Figura 21, observa-se o comportamento típico do CMV ao longo da vida útil de uma edificação. Em geral, o resultado para o CMV é baixo nas primeiras idades, tendendo ao aumento contínuo até atingir o final da vida útil. O valor médio do CMV pode ser estimado no intervalo entre 1,5% a 4%, levando em conta os poucos resultados publicados, como John (1988), *Committee on Advanced Maintenance Concepts for Buildings* do *National Research Council – NRC* (1990) e Gomes (1992). Particularmente, o CMV é importante para a gestão da manutenção de edificações uma vez que aponta para o nível adequado de recursos a serem alocados.

Além disso, o CMV relacionado ao tipo de manutenção evolui de maneira diferente ao longo da vida útil da edificação e cresce de maneira exponencial com a degradação da edificação (ALANI; PATERSEN; CHAPMAN, 2001; FLORES, 2002).

No cálculo do CMV, o denominador é utilizado e definido operacionalmente de várias maneiras. Em geral, são frequentes o emprego do *asset replacement value* (ARV) ou do *current replacement value* (CRV). A *Society for Maintenance and Reliability Professionals – SMRP* (2009) refere-se ao ARV como o custo que seria necessário para substituir um *facility* e equipamentos em sua atual configuração com base nos preços de reposição atuais, compreendendo

o envelope da edificação, todos os equipamentos e melhorias que devem ser mantidos regularmente e os custos de elaboração dos projetos. Lavy, Garcia e Dixit (2010) definem o CRV como um custo estimado para construir a edificação em sua condição e função original, incluindo todos os custos de material, mão de obra, bem como as despesas com arquitetura, engenharia e administração.

Os custos de uso, operação, manutenção e demolição são, geralmente, muito maiores se comparados ao custo inicial (custo de projeto e de construção). Griffin (1993) afirma que os custos de operação e manutenção representam entre 50% a 80% do custo global¹¹, sendo que o custo inicial corresponde em torno de 25%. Os números são próximos aos apontados por Perret (1995), cujos custos de operação e manutenção compreendem em torno de 75% a 80% do custo global e 20% a 25% nas etapas de projeto e execução para um empreendimento com vida útil projetada de 50 anos.

O cálculo do custo global dá suporte para a aplicação do método do custo do ciclo de vida ou *life cycle cost* (LCC) que permite escolher, como destacam Kardec e Nascif (2012), a abordagem da manutenção mais rentável a partir de diferentes alternativas para atingir o menor custo em longo prazo. É, portanto, um importante método que possibilita avaliar o impacto dos principais atributos da manutenção na formação de seu custo ao longo da vida útil de um item, como a confiabilidade, a manutenibilidade e a durabilidade.

Nesse caso, podem ser utilizados os IDs da manutenção para o desenvolvimento do LCC, como o tempo médio para reparo (MTTR), a taxa de reparo (λ), o tempo médio entre falha (MTBF), o *downtime* médio, a disponibilidade (A), o índice de satisfação do usuário e o custo das interrupções ou falhas (CHEW; TAN; KANG, 2004).

A abordagem que leva ao menor custo global não é, normalmente, o de menor custo de aquisição nem o de maior durabilidade, mas intermediárias, como apontado na ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2013). A situação ideal, é a otimização destes dois conceitos conflitantes a fim de evitar o que, atualmente, se pratica no Brasil. Transfere-se para as gerações futuras o aumento do custo das atividades de manutenção em função de se construir com o menor custo.

Outro aspecto relevante que abrange especificamente as atividades de manutenção predial é que, geralmente, o seu custo resulta maior se comparado a um serviço semelhante executado

¹¹ Como definido na ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2013), o custo global consiste no custo total de uma edificação considerando-se, além do custo inicial, os custos de operação e manutenção ao longo da vida útil. Nesse caso, o custo inicial corresponde a aquisição do terreno, elaboração dos projetos, execução da obra, taxas e licenças.

em uma construção nova. Chanter e Swallow (2007) imputam esta diferença aos seguintes fatores:

- O serviço de manutenção é sempre executado em pequena escala, o que não proporciona os ganhos da economia de escala;
- Antes da execução dos serviços de manutenção, há a necessidade de remover obstáculos ou objetos;
- O serviço de manutenção tem que ser executado em locais confinados ou ocupados;
- O serviço de manutenção incorre em substancial custo pela perturbação no uso e operação da edificação e, talvez, pela perda de produção.

3.9.1.3 Manutenibilidade

A manutenibilidade também tem sido discutida no âmbito da construção civil atrelada à demanda por edificações mais duráveis e à elevação dos custos de manutenção (CHEW; TAN; KANG, 2004). Todavia, o conceito assume aspectos diferentes na literatura.

Para Chew, Tan e Knag (2004), De Silva *et al.* (2004) e Das e Chew (2011), o conceito envolve a facilidade de manutenção por meio da mitigação de falhas ou defeitos. Já na norma técnica brasileira ABNT NBR 15575-1 (2013) e na britânica BS 8210 (BSI, 2012), a manutenibilidade está definida nos mesmos termos¹² da ABNT NBR 5462 (ABNT, 1994) e da EN 13306 (BSI, 2017) adotados na manutenção da indústria manufatureira.

Por sua vez, há consenso na literatura com respeito ao conceito de manutenibilidade estar estreitamente relacionado com a etapa de concepção e elaboração dos projetos da edificação. Sanches e Fabrício (2008) afirmam que a consideração dos aspectos associados ao uso, operação e manutenção de uma edificação ainda na etapa inicial de sua concepção e elaboração de projetos acarretam um maior grau de manutenibilidade para as partes que compõem uma edificação. Nesse sentido, os autores propõem a aplicação da técnica *design for maintenance* (DFM), a partir do conceito *design for X* (DFX), que traz como benefício a possibilidade de aumentar o grau de manutenibilidade por facilitar o que denominam de projeto para a manutenção, isto é, o plano de manutenção das edificações.

¹² Discutido anteriormente na seção 2.9.2.6, a manutenibilidade é definida como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos (ABNT, 1994; BSI, 2017).

3.9.2 Os Indicadores de Desempenho Estabelecidos em Normas Técnicas

As principais normas técnicas que, de alguma forma, relacionam-se à gestão da manutenção de edificações estão resumidas no Quadro 14.

Quadro 14 – Normas técnicas que abragem a gestão da manutenção de edificações

Origem	Identificação	Assunto	Fonte
EUA	ASTM E1334-95	Dispõe de um procedimento para classificar a manutibilidade do edifício ou <i>facility</i> a fim de determinar a sua capacidade para executar as funções para os quais foi projetado	ASTM (2012)
Reino Unido	BS 8210	Propõe diretrizes para a gestão da manutenção de <i>facilities</i>	BSI (2020)
União Europeia	EN 15331	Estabelece os critérios para a concepção, gestão e controle dos serviços de manutenção de edificações	BSI (2011)
Brasil	ABNT NBR 5674:2012	Estabelece os requisitos para o sistema de gestão da manutenção de edificações	ABNT (2012)

Fonte: O autor (2021).

Contudo, examinando-as, observou-se que somente as normas técnicas EN 15331 (BSI, 2011) e a ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012) tratam da utilização de IDs.

A norma técnica europeia EN 15331 (BSI, 2011) especifica o controle e monitoramento da execução da manutenção predial com os dados técnicos e econômicos coletados. Em vista disso, são recomendados os IDs para a medição de:

- O desempenho da edificação por meio da análise dos defeitos e das anomalias construtivas;
- A vida útil, a confiabilidade e a disponibilidade dos sistemas críticos;
- Os IDs designados por MTBF e MTTR relativos aos componentes construtivos;
- A análise do modo e frequência das falhas e;
- A eficácia das intervenções realizadas.

Com relação à norma técnica brasileira ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012), para a medição do desempenho da gestão da manutenção de edificações há recomendações para que os IDs sejam estabelecidos de maneira a contemplar os seguintes parâmetros:

- O atendimento ao desempenho das edificações e de seus sistemas de acordo com as normas técnicas de desempenho ABNT NBR 15575 (ABNT, 2013);

- O prazo acordado entre a observação da não conformidade e a conclusão do serviço de manutenção;
- O tempo médio de resposta às solicitações dos usuários e intervenções de emergência;
- A periodicidade das inspeções prediais de uso e manutenção estabelecidas no manual de operação, uso e manutenção da edificação;
- A relação entre o custo e tempo estimados e efetivamente realizados;
- A taxa de sucesso de intervenções medida pela incidência de retrabalho necessário;
- A relação ao longo do tempo do custo e benefício gerado pelas manutenções;
- A preservação do valor da edificação ao longo de sua vida útil.

Da maneira como os IDs estão preconizados nessas duas normas técnicas, à primeira vista revela confusão na medida em que confundem os objetivos da manutenção com a especificação dos IDs. Ademais, as duas normas apontam para a medição isolada de alguns aspectos relacionados à manutenção predial, ou seja, sem a interligação entre os IDs.

3.9.3 Os indicadores de Desempenho Relatados ou Propostos pelos Principais Pesquisadores ou Autores

No exterior, destacam-se as pesquisas de Shohet (2006) e Raposo (2010), assim como as publicações de Seeley (1987), Lee (1987), Wordsworth (2001), Chanter e Swallow (2007), Wood (2009), Stanford (2010) e Cabral (2013)

No Brasil, as primeiras publicações a abordar de maneira sistemática a gestão da manutenção de edificações ocorreram na década de 1980, a partir dos relatórios internos emitidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) com Perez (1988). Nesta década, destacam-se os artigos apresentados no Seminário sobre Manutenções de Edifícios realizado em setembro de 1988, em Porto Alegre-RS, por Bonin (1988), John e Bonin (1988), Cremonini (1988) e Leiria (1988). Após, sobressaem as pesquisas de Lopes (1993a), Aragão (1993), Salerno (2005), Silva (2008), Meira (2002) e Ferreira (2017), bem como as publicações de Almeida e Vidal (2001) e Lessa e Souza (2010).

Nessa relação literária, buscou-se pela prática da concepção e, principalmente, da utilização de IDs nos SGMs de edificações, com resultados descritos a seguir.

3.9.3.1 Os indicadores de desempenho propostos Shohet (2006)

Shohet, Lavy-Leibovich e Bar-On (2003) desenvolvem pesquisas relacionadas com a gestão da manutenção das instalações hospitalares públicas em Israel, propondo o emprego de um conjunto de IDs interligados para a tomada de decisão de estratégias levando em conta quatro fatores: a avaliação da condição da edificação; a mão de obra empregada; a eficácia de custo da manutenção; e os parâmetros organizacionais.

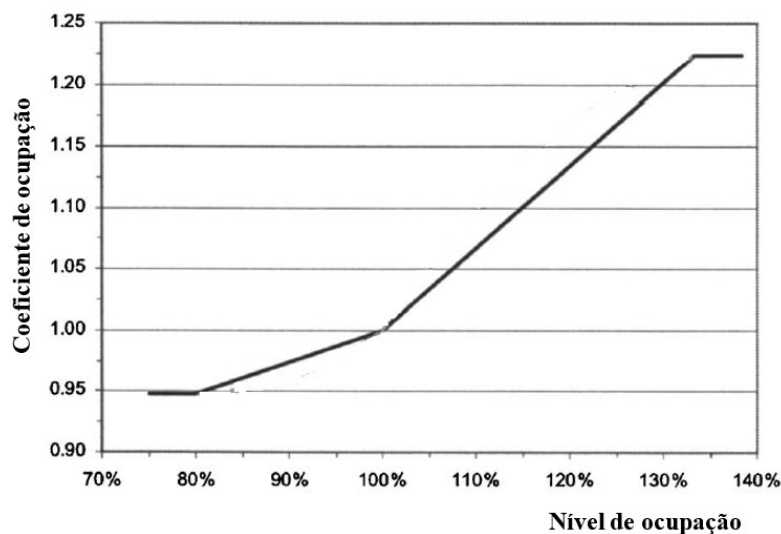
Na sequência, Shohet (2006) apresenta um conjunto IDs para a gestão da manutenção das instalações hospitalares como base para o planejamento estratégico e tático. O autor agrupa os IDs propostos em quatro categorias, de acordo com: (i) as características físicas da edificação; (ii) a estrutura organizacional do departamento de manutenção; (iii) a avaliação da condição da edificação; e (iv) a eficiência da manutenção.

Em relação às características físicas da edificação hospitalar que impactam no desempenho da manutenção, o autor enfatiza a necessidade em medir três parâmetros:

- A área construída (m^2). De acordo com o autor, este parâmetro apresenta dois efeitos opostos. De um lado, o aumento da área construída leva a redução do custo unitário de manutenção ($\$/m^2$). Por outro lado, as grandes estruturas edificadas (por exemplo, os edifícios altos ou os parques edificados espalhados em uma grande extensão de área) geram exigências funcionais e legais que acabam por elevar o custo da manutenção;

- A ocupação da edificação, que reflete a taxa de desgaste das suas instalações. Em uma edificação densamente ocupada a taxa de desgaste é relativamente maior, o que leva ao aumento do custo de manutenção. Por exemplo, em hospitais a ocupação é geralmente definida pelo número de leitos por $1.000 m^2$ de área construída. Tomando-se como condição padrão uma ocupação em torno de 10 leitos/ $1.000 m^2$, o aumento deste parâmetro para 13,3 leitos/ $1.000 m^2$ exige, conforme levantado pelo autor em Israel, num incremento de aproximadamente 22% de recursos para a manutenção. Para representar este fato, Shohet (2006) expressa o efeito da taxa de ocupação no custo de manutenção por meio do coeficiente de ocupação (OC) conforme representado na Figura 22;

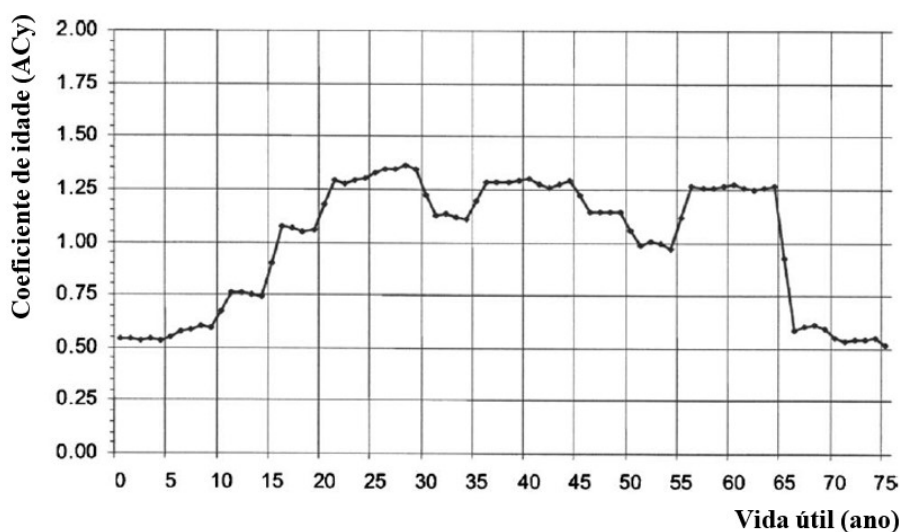
Figura 22 - Coeficiente de ocupação (OC) para instalações hospitalares



Fonte: Shohet (2006).

- A idade da edificação ou do portfólio de edificações. Para representar o comportamento do custo da manutenção da edificação ao longo de sua vida útil em instalações hospitalares, Shohet (2006) define o coeficiente de idade (ACy) como sendo a relação entre o custo anual (calculado como a média móvel para um período de dez anos) e o custo médio perene (calculado como a média para toda a vida útil). O gráfico da Figura 23 apresenta o comportamento do coeficiente de idade ACy para uma edificação hospitalar com uma vida útil de projeto (VUP) de 75 anos.

Figura 23 - Coeficiente de idade para instalações hospitalares



Fonte: Shohet (2006).

Do exame do comportamento do custo de manutenção predial, demonstrado no gráfico da Figura 23, pode-se observar tres períodos distintos com picos de custos, em torno do 25º, 40º e 60º ano da vida útil (VU) da edificação.

Quanto à estrutura organizacional da unidade responsável pela manutenção das instalações hospitalares, Shohet (2006) examina os efeitos dos recursos humanos (próprios ou terceirizados) empregados na execução das atividades de manutenção por meio de quatro parâmetros:

- O número de empregados por 1.000 m² de área construída, que reflete o grau de mão de obra própria da organização empregada na manutenção de edificações;

- O grau de terceirização (*manpower sources diagram* – MSD) dos recursos humanos totais alocados para a manutenção das instalações, que expressa a composição da mão de obra própria *versus* terceirizada;

- A razão entre o número de supervisores e o número de empregados denominado por *managerial span of control* (MSC), que reflete o número de subordinados que um gestor ou supervisor pode controlar diretamente;

- A estrutura organizacional da manutenção, que exprime a facilidade de adaptação do SGM às mudanças e/ou exigências de sua organização. Nesse sentido, o SGM deve ser flexível na alocação de recursos frente às necessidades dinâmicas da organização e demonstrar capacidade de aprendizagem, com perfil para a resolução sistemática de problemas, experimentação de novas abordagens, aprendizagem a partir de sua própria experiência, aprendizagem a partir das experiências e melhores práticas de outros e a transferência de conhecimento de modo eficiente para a organização.

No que tange à avaliação da condição da edificação, Shohet (2006) propõe o indicador de desempenho do edifício, denominado *building performance indicator* (BPI). O BPI permite expressar de maneira quantitativa a condição física e funcional do edifício a partir da avaliação do desempenho dos vários sistemas e elementos construtivos que o compõem.

Para tanto, o BPI é composto por duas escalas. A primeira escala é utilizada para a avaliação do desempenho dos sistemas construtivos (P_n) do edifício, combinando três aspectos da manutenção representados nos fatores da Eq. 26.

$$P_n = C_n \times W(c)_n + F_n \times W(f)_n + PM_n \times W(pm)_n \quad \text{Eq. 26}$$

Onde:

C_n é o fator que expressa a condição física e funcional atual do sistema construtivo n , avaliada numa escala ordinal de cinco níveis que são transformados em pontos variando de 20 até 100;

F_n é o fator que reflete a frequência com que as falhas afetam a função do sistema n , também avaliada na escala ordinal de cinco níveis transformados em pontos;

PM_n é o fator que representa as atividades preventivas executadas no sistema n para mantê-lo num nível de serviço aceitável, também na escala ordinal de cinco níveis transformados em pontos. A manutenção preventiva é avaliada considerando a política de manutenção que rege o componente e a frequência de inspeções proativas realizadas no sistema n ;

$W(c)_n$, $W(f)_n$ e $W(pm)_n$ são os pesos dos fatores C_n , F_n e PM_n , respectivamente, cuja determinação baseia-se no custo das implicações das falhas e da manutenção preventiva. Para cada sistema “ n ” a soma dos pesos deve ser igual a $W(c)_n + W(f)_n + W(pm)_n = 1$.

No que se refere às escalas dos fatores, Shohet (2003) propõe a avaliação da condição física e funcional atual (C_n) por elemento construtivo em cinco níveis, expressos em notas variando de 20 a 100. Por exemplo, o Quadro 15 refere-se aos critérios para a avaliação dos pilares de concreto armado que compõem o sistema estrutural de um edifício.

Quadro 15 – Notas e critérios para a avaliação da condição física e funcional (C_n) de pilares de concreto armado do sistema estrutural

Perigoso (20)	Precário (40)	Satisfatório (60)	Bom (80)	Integral (100)
Ocorrência de fissuras diagonais com espessura maior do que 0,5 mm, cruzando a seção, ou ocorrência de ruptura do concreto	Ocorrência de fissuras diagonais com espessura de até 0,5 mm, cruzando a seção. Início de deslocamento do concreto com exposição da armadura	Ocorrência de fissuras verticais devido à corrosão da armadura em locais isolados	Fissuras capilares de baixa ocorrência, mas sem sinal de corrosão	Sem fissuras e nenhum sinal de corrosão

Fonte: Shohet (2003).

Para a atribuição da nota ao fator F_n , que expressa a frequência das falhas construtivas, são empregados os critérios apresentados no Quadro 16.

Quadro 16 – Notas e critérios para a avaliação da frequência de falhas (F_n)

(20)	(40)	(60)	(80)	(100)
12 vezes ou mais ao ano	6 a 11 vezes ao ano	2 a 5 vezes ao ano	Uma vez ao ano	Menos do que uma vez ao ano

Fonte: Shohet (2003).

Para a avaliação das atividades de manutenção preventiva realizadas (PM_n), são utilizados os critérios associados à frequência das inspeções prediais, como apresentados no Quadro 17.

Quadro 17 – Notas e critérios para a avaliação da frequência das inspeções prediais (PM_n)

(20)	(40)	(60)	(80)	(100)
Nenhum	A cada dois anos, ou menos frequentemente	Anualmente	Semestralmente	Trimestralmente

Fonte: Shohet (2003).

No que concerne aos pesos $W(c)_n$, $W(f)_n$ e $W(pm)_n$, Shohet (2003) os distribuiu conforme apresentado na Tabela 1 para as edificações hospitalares.

Tomando como exemplo o sistema estrutural apontado na Tabela 1, Shohet (2003) comenta que o peso de 90% atribuído à condição física e à frequência de falhas reflete o baixo custo da manutenção preventiva (inspeções visuais periódicas) comparado às implicações das falhas em seus elementos construtivos.

Tabela 1 – Distribuição dos pesos (%) de cada sistema (n) na nota P_n em edificações hospitalares

Sistema	Peso da condição física e da frequência de falhas (%)	Peso da manutenção periódica (%)
Estrutura	90%	10%
Acabamento interior	70%	30%
Envelope	75%	25%
Proteção ao fogo	75%	25%
Água e esgoto sanitário	75%	25%
Elevadores	60%	40%
Sistema elétrico	50%	50%
Comunicação	50%	50%
HVAC	50%	50%
Gases medicinais	20%	80%

Fonte: Shohet (2003).

Na sequência, o BPI é obtido aplicando-se a Eq. 27.

$$BPI = \sum_n P_n \times W_n \quad \text{Eq. 27}$$

Onde:

P_n refere-se ao nível de desempenho para o sistema construtivo n numa escala de 100 pontos;

W_n é o peso, em porcentagem, do sistema construtivo n no BPI.

O peso (W_n) é obtido ao se ponderar a contribuição de cada sistema n no custo do ciclo de vida (LCC) do edifício, o que reflete a essência da gestão da manutenção da edificação.

O valor do BPI reflete o nível de desempenho do edifício inteiro, classificado por Shohet (2003) em:

- $BPI > 80$ indica boa condição do edifício;
- $70 < BPI \leq 80$ mostra que alguns dos sistemas estão em condição limite, necessitando de atividades de manutenção preventiva;
- $60 < BPI \leq 70$ expressa a condição deteriorada do edifício, exigindo emprego de atividades corretivas e preventivas;
- $BPI \leq 60$ significa que o edifício está num estado ruim.

O BPI foi implementado para a avaliação em diversos complexos hospitalares em Israel, cujos resultados foram relatados e analisados por Shohet (2003), Shohet, Lavy-Leibovich e Bar-On (2003), Shohet e Lavy (2004b) e Lavy e Shohet (2004).

Como pode ser observado, o indicador BPI é ponderado por um aspecto econômico da manutenção, conquanto considera a análise do custo do ciclo de vida ou *life cycle cost* (LCC) para estabelecer o peso W_n . Ademais, o BPI leva em conta os parâmetros de projeto e a tecnologia construtiva envolvida num edifício específico uma vez que os pesos W_n derivam de uma análise do LCC de um projeto particular. Isto significa que o BPI combina o desempenho físico e funcional de cada sistema e seu peso econômico para um tipo de edifício em particular. Nesse sentido, o BPI estabelece uma relação entre a avaliação do desempenho físico e funcional e os aspectos econômicos da manutenção do edifício.

Shohet (2006) aponta quatro contribuições para a aplicação do BPI: a avaliação da condição global do edifício; a avaliação da condição dos seus vários sistemas e elementos construtivos; a análise comparativa do desempenho do edifício em relação a outros edifícios (*benchmarking* intraorganizacional); ou entre *facilities* (*benchmarking* interorganizacional). Em vista disso, o BPI pode ser empregado para a definição da estratégia organizacional em termos de exigências de desempenho e para as tomadas de decisão no nível tático.

No que concerne à eficiência da manutenção, Shohet (2006) propõe outros três IDs, como:

- O custo anual de manutenção, denominado por AME (*annual maintenance expenditure*), que reflete o custo por área construída ($\$/m^2$), isto é, fornece uma medida do custo em relação aos ativos físicos. Para o cálculo de AME são contabilizadas somente os custos relacionados diretamente com as atividades de manutenção, excluindo-se aquelas associadas com a remodelação, atualização, limpeza, energia e segurança;

- O custo anual de manutenção por unidade de “produção”. Por exemplo, em hospitais é representado por AME por leito hospitalar, que permite identificar o custo da manutenção por unidade de produção (por exemplo, AME/leito hospitalar);

- O indicador de eficiência da manutenção, denominado por MEI (*maintenance efficiency indicator*). O MEI permite examinar o investimento em manutenção em relação ao desempenho da edificação. Expressa o custo em manutenção por unidade de desempenho da edificação, ponderado pelos coeficientes de idade e ocupação, de acordo com a Equação 28.

$$MEI = \frac{AME}{AC_y} \times \frac{1}{BPI} \times \frac{1}{OC} \times i_c \quad \text{Eq. 28}$$

Onde:

AME é o custo anual de manutenção (\$/m²);

AC_y é o coeficiente de idade para um determinado ano;

BPI é o indicador de desempenho da edificação;

OC é o coeficiente de ocupação e;

i_c é o índice de reajuste de preço.

Com MEI < 0,37, o indicador revela a falta de recursos e/ou a alta eficiência na utilização de recursos da manutenção das instalações. O intervalo 0,52 < MEI < 0,37 reflete uma faixa razoável de manutenção, em que o limite inferior indica boa manutenção e o superior indica baixa eficiência e/ou um alto nível de recursos consumidos na manutenção. O indicador MEI > 0,52 pode expressar alta despesa de manutenção e/ou baixo desempenho físico.

3.9.3.2 Os indicadores de desempenho propostos por Raposo (2010)

Sónia Raposo é engenheira civil e atua no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), tendo desenvolvido sua tese de doutorado junto ao Instituto Superior Técnico (IST) da Universidade Técnica de Lisboa. Em seu trabalho de tese, propõe um método para a avaliação do desempenho da manutenção predial que se aplica em escolas públicas. O método proposto está fundamentado no emprego de três ferramentas:

- Na análise de risco FMEA (*failure modes and effects analysis*);
- Na análise do custo do ciclo de vida (LCC) e;
- Em um conjunto de 17 IDs classificados em econômicos, técnicos e organizacionais.

Para compreender os IDs propostos por Raposo (2010), torna-se necessário conhecer previamente o método desenvolvido pela autora que, em síntese, se desenvolve em cinco módulos.

O primeiro módulo contém a caracterização da edificação sob avaliação por intermédio da idade, das áreas construídas, da decomposição em três subsistemas (construção, instalações, equipamentos e espaços exteriores) e identificação dos seus elementos construtivos, e respectivos custos de construção.

O segundo módulo consiste na elaboração do plano de manutenção da edificação para a vida útil de 50 anos, que consiste na especificação das atividades de manutenção planejada para cada elemento construtivo. A análise FMEA é desenvolvida no terceiro módulo, composta pelo estudo de potenciais modos de falha e seus efeitos dos elementos construtivos críticos. O quarto módulo refere-se a estimativa de custos de operação da edificação, incluindo as despesas como o consumo de água, energia elétrica, gás e limpeza. No quinto e último módulo, são calculados os IDs da manutenção.

Raposo (2010) propõe a utilização de 17 IDs, como mostrados no Quadro 18. Os IDs sugeridos são, majoritariamente, extraídos da EN 15341 (BSI, 2019).

Os IDs econômicos (I_E) referem-se à análise LCC das atividades de manutenção planejadas. Os IDs técnicos (I_T) relacionam-se ao perfil da manutenção planejada e da análise FMEA. Os IDs organizacionais (I_O) dizem respeito à quantidade de contratos de gestão e os recursos humanos utilizados na manutenção da edificação, ou seja, estão diretamente relacionados com a intensidade de atividades de manutenção e o consumo de recursos humanos.

Como parte do método proposto por Raposo (2010), o conjunto de IDs, principalmente os IDs econômicos, é fundamental na fase de concepção das novas edificações uma vez que permite selecionar materiais, componentes e sistemas construtivos de maneira a otimizar os custos com a manutenção. Além disso, possibilita planejar, também na fase de projeto, as principais atividades de manutenção. Quanto à gestão da manutenção das edificações existentes, os IDs propostos por Raposo (2010) dão suporte para o planejamento nos níveis estratégico e tático da organização. No nível estratégico, fornecendo as informações relacionadas ao custo da manutenção como resultado do SGM predial e, em vista disso, possibilitando avaliar a inversão de recursos. No tático, os IDs auxiliando no planejamento e a programação das atividades de manutenção preventiva.

Quadro 18 – Indicadores de desempenho para a gestão da manutenção de edificações escolares

Categoria	Cód.	Descrição	Unidade
Econômicos	I _{E1}	Custo total de construção e manutenção	\$
	I _{E2}	Custo unitário de construção e manutenção em relação à área bruta	\$/m ²
	I _{E3}	Custo unitário de construção e manutenção em relação à área útil	\$/m ²
	I _{E4}	Custo total de manutenção	\$
	I _{E5}	Custo anual de manutenção	\$/ano
	I _{E6}	Custo anual de manutenção por usuário	\$/ano x usuário)
	I _{E7}	Percentual do custo de manutenção em relação ao custo de construção	%
	I _{E8}	Custo anual de manutenção dos elementos de construção	\$/ano
	I _{E9}	Custo anual de manutenção das instalações e equipamentos	\$/ano
	I _{E10}	Custo anual de manutenção dos espaços exteriores	\$/ano
Técnicos	I _{T1}	Número de intervenções de manutenção a realizar no edifício ao longo de 50 anos	n
	I _{T2}	Número de intervenções de manutenção a realizar no sistema de construção ao longo de 50 anos	n
	I _{T3}	Número de intervenções de manutenção a realizar no sistema de instalações e equipamentos ao longo de 50 anos	n
	I _{T4}	Número de intervenções de manutenção a realizar nos espaços exteriores ao longo de 50 anos	n
	I _{T5}	Número de modos potenciais de falha nos sistemas de cobertura plana e rede de águas pluviais, esquadrias exteriores e rede de abastecimento de água, de esgoto sanitário e equipamentos sanitários	n
Organizacionais	I _{O1}	Número de contratos de gestão de manutenção por estabelecimento	n
	I _{O2}	Recursos humanos utilizados em inspeção e manutenção da cobertura plana	Hh

Fonte: Extraído de Raposo (2010).

3.9.3.3 Os indicadores de desempenho propostos por Almeida e Vidal (2001)

Carlos de Souza Almeida é engenheiro civil e tem larga experiência profissional em gestão da manutenção de edificações. Dentre outras atividades, trabalhou na Divisão de Engenharia do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro, possui mestrado e doutorado obtido junto ao Programa de Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ. Mário Cesar Rodriguez Vidal é engenheiro de produção, com mestrado e

doutorado e larga experiência em engenharia de produção, com ênfase em ergonomia, e é professor associado à COPPE/UFRJ.

A publicação de Almeida e Vidal (2001) é pioneira no Brasil ao tratar da gestão da manutenção de edificações de maneira estruturada e com uma abordagem científica para alguns dos aspectos envolvidos nesse assunto. No entanto, com relação à aplicação de IDs para os SGMs de edificações, os autores apontam para aqueles utilizados em outros contextos a fim de adaptá-los à manutenção de edificações. Nesse caso, os autores sugerem os seguintes:

- O tempo médio entre falhas (MTBF);
- O tempo médio para reparo (MTTR), que deve ser calculado para itens cujo tempo de reparo ou de substituição é significativo em relação ao tempo de operação;
- A disponibilidade;
- O desempenho dos equipamentos, calculado conforme a Equação 29;

$$PERF = \frac{\sum HROP}{\sum (HROP + HTMN)} \quad \text{Eq. 29}$$

Onde:

PERF é desempenho dos equipamentos;

HROP é o tempo de operação de cada item controlado (h) e;

HTMN é o tempo de manutenção para cada um destes itens (h).

De outra maneira, o ID dos equipamentos pode ser calculado como a diferença entre a unidade e a razão entre as horas de manutenção e a soma dessas horas com as de operação dos itens;

- O componente do custo de manutenção, obtido conforme a Equação 30;

$$CCMN = \frac{CTMN}{CTPR} \times 100 \quad \text{Eq. 30}$$

Onde:

CCMN é o componente de custo de manutenção (%);

CTMN é o custo total da manutenção (R\$) e;

CTPR é o total da produção (R\$);

- custo de manutenção por faturamento;
- o custo da mão de obra externa, calculado pela Equação 31.

$$CMOE = \frac{\sum CMOE}{\sum (CMOE + CMOP)} \times 100 \quad \text{Eq. 31}$$

Onde:

CMOE é o custo da mão de obra externa para um determinado período (%);

CMOC é o custo com a mão de obra externa, empreitada de outras empresas ou cedidas por outras áreas da mesma empresa (R\$) e;

CMOP é o custo da mão de obra empregada nos serviços (R\$);

- O *backlog*, que deve ser medido por oficina e expressar o tempo em atraso referente à ordem de trabalho mais antiga e o valor médio.

Já os relatórios gerenciais de equipamentos propiciam avaliar o cumprimento dos trabalhos de manutenção, por intermédio dos seguintes IDs:

- A quantidade de atividades previstas e executadas e;
- As atividades reprogramadas.

A partir da correlação dos dados entre os arquivos de manutenção e de outras áreas, como de controle de bens patrimoniais, Almeida e Vidal (2001) apontam para a possibilidade da utilização dos seguintes IDs:

- A incidência de funcionamento irregular de instrumentos de supervisão;
- A incidência de manutenções corretivas por equipamento;
- A incidência de ocorrências de mesma natureza nos equipamentos;
- A incidência de ocorrências de várias naturezas por fabricante;
- A incidência de valores acima de determinados limites nos medidores;
- A incidência de manutenções corretivas entre as manutenções preventivas.

Em vista dos IDs propostos, Almeida e Vidal (2001) ressaltam a importância da coleta e armazenamento de dados relacionados às atividades de manutenção predial e da necessidade da correlação dos dados entre as diversas áreas funcionais da organização.

3.9.3.4 Os indicadores de desempenho recomendados por Chanter e Swallow (2007)

Barrie Chanter tem grande experiência em engenharia civil e gerenciamento de projetos de construção civil. Atuou, de 1984 até 2006, junto a *De Montfort University*, em Leicester, Inglaterra. Peter Swallow tem vasta experiência em inspeções de edificações, com carreira tanto no setor público quanto no privado. Juntou-se também à *De Montfort University* em 1974.

Chanter e Swallow (2007) afirmam que as dificuldades em medir o desempenho da manutenção, principalmente nas organizações do setor público, têm levado ultimamente mais para a gestão do que à medição do desempenho. Em vista disso, os IDs são aplicados de maneira que permitam captar as exigências dos usuários e sejam capazes de avaliar a conformidade com as metas da gestão. Para isso, os autores defendem a utilização do *balanced scorecard* (BSC) desenvolvido por Kaplan e Norton que resulta num conjunto de medidas acordadas e

intrinsecamente relacionadas com as estratégias e prioridades organizacionais, bem como fornece uma visão abrangente do desempenho aos seus gestores.

Para Chanter e Swallow (2007), a questão da medição do desempenho refere-se a controlar a prestação do serviço de manutenção. Os autores discutem a utilização dos IDs baseados nos conceitos envolvidos na medição do desempenho para a indústria da construção britânica que foram estabelecidos no documento *Achieving Excellence in Construction* do Departamento de Estado do Comércio do Reino Unido. Neste contexto, os IDs são classificados numa hierarquia, como:

- Indicadores-chave que expressam o estado da organização;
- Indicadores operacionais que se referem às atividades específicas da organização e;
- Indicadores de diagnóstico que disponibiliza informações para explicar as razões das mudanças nos indicadores-chave e nos indicadores operacionais.

Portanto, Chanter e Swallow (2007) não identificam os IDs para a manutenção de edificações, mas discutem sobre os conceitos e métodos que permitem selecioná-los de acordo com as características de uma organização. Exceto, quando tratam especificamente da execução das atividades de manutenção, em que a produtividade pode ser medida por:

- O resultado bruto por funcionário da manutenção que é obtido na relação entre o custo total (mão de obra, materiais e as despesas gerais) e o número de funcionários na manutenção. No entanto, o aumento das despesas gerais pode levar ao aumento do ID ou a restrição orçamentária gerar diminuição e, portanto, não representar uma melhoria neste aspecto;

- O valor do material utilizado nos trabalhos de manutenção que é expresso como um valor total em um determinado período. O ID permite a comparação do resultado dos serviços ao longo do tempo e/ou por equipe de funcionários;

- A taxa de produção de serviços repetitivos pode ser medida em termos de números de serviços executados em um determinado período ou por uma análise dos tempos necessários para completar os serviços;

- As comparações com as horas programadas ou estimadas e que podem ser obtidas com a relação entre o tempo estimado e o tempo real executado ou, de maneira mais complexa, pela quantidade de trabalho que pode ser executado em uma hora por um funcionário padrão qualificado e motivado.

Chanter e Swallow (2007) argumentam que outros aspectos da execução das atividades de manutenção podem ser medidos, como:

- A eficácia de uma política planejada que pode ser medida pelo número de horas utilizadas diretamente nos trabalhos planejados em relação ao total de horas consumidas em todos os trabalhos de manutenção e;

- A quantidade de horas perdidas por uma equipe de funcionários que podem indicar as deficiências e os problemas com os procedimentos de distribuição dos serviços, assim como com as práticas inadequadas de execução.

3.9.3.5 Os indicadores de desempenho relatados por Wood (2009)

Brian Wood é arquiteto com experiência profissional de mais de 30 anos envolvendo a manutenção de edificações. Vinculado desde 1990 ao *Department of Real Estate and Construction* da *School of the Built Environment* da *Oxford Brookes University*, em Oxford, Inglaterra.

Wood (2009) aponta para os IDs recomendados pelo *Higher Education Funding Council for England* (HEFCE) para fins de planejamento das reformas em edificações, que são:

- A eficiência do espaço construído expressa pela relação entre a área interna líquida e a área interna bruta;
- A relação do espaço construído por quantidade de estudantes ou por funcionários;
- A taxa de utilização do espaço construído para o ensino;
- A condição do edifício e a adequação funcional;
- Os custos com o patrimônio (atual, anual e por m²);
- Os custos para a atualização das edificações;
- Os custos com energia.

No que se refere à utilização de IDs associados à medição da execução às atividades de manutenção predial, Wood (2009) relata a prática empregada na *Oxford Brookes University* na elaboração de relatórios mensais por edificação, fundamentados na inspeção predial, considerando:

- A presença de funcionários da manutenção por local e o período correspondente;
- Os itens recorrentes para fins de revisão da manutenção;
- As partes da edificação que não atendam aos requisitos funcionais e as respectivas razões;
- A projeção das partes da edificação que estão próximas ao fim da vida útil (VU).

Assim, os relatórios mensais mencionados são instrumentos utilizados para monitorar o desempenho físico e funcional do edifício e suas partes, além do controle da execução de serviços por meio da presença de funcionários. Wood (2009) argumenta que a monitoração das atividades de manutenção deve incluir a avaliação de: competitividade de preços;

responsabilidade para o cumprimento das atividades de manutenção, a agilidade de resposta e a comunicação; e a qualidade dos serviços realizados.

No que se refere ao serviço de atendimento às solicitações de serviços de manutenção, Wood (2009) relata a prática da *Oxford Brookes University* em empregar o ID que expressa o tempo de resposta de acordo com a prioridade.

3.9.3.6 Os indicadores de desempenho sugeridos por Lessa e Souza (2010)

Ana Karina Lessa é engenharia civil, com especialização em gestão empresarial e mestrado em administração pela Universidade Federal de Pernambuco. Como gestora da manutenção de edificações, atuou na construção civil em serviços de recuperação e manutenção de edifícios residenciais e comerciais, tendo também trabalhado na gerência da manutenção de empresa do ramo hoteleiro. Herbert Lopes de Souza é engenheiro industrial mecânico com especialização em engenharia de manutenção pela PUC-MG, com experiência em gestão da manutenção de edificações, tendo atuado em empresa hoteleira e *shopping center*.

A publicação de Lessa e Souza (2010) aborda a prática da gestão da manutenção de edificações. Contudo, há pouca discussão quanto ao SMD da manutenção predial, limitando-se à sugestão dos seguintes IDs:

- Tempo médio entre falhas (MTBF);
- Tempo médio para reparo (MTTR);
- Custo total da manutenção, comparando os custos das atividades planejadas e as executadas.

Os autores apontam, ainda, para outros tópicos de custo a medir, como:

- Os custos de operação (água, energia, gás, etc.) da organização;
- Os custos diretos das atividades da manutenção;
- Os custos indiretos como associado à má qualidade do serviço prestado, a perda da imagem da organização, o passivo ambiental, etc.;
- Os custos dos acidentes provocados por falhas ou defeitos;
- A relação do custo total de manutenção e o faturamento.

3.9.3.7 Os indicadores de desempenho recomendados por Cabral (2013)

O engenheiro naval José Paulo Saraiva Cabral tem grande experiência em gestão da função manutenção em vários ambientes industriais. É fundador da empresa portuguesa Navaltik, ocorrido em 1981, e participa da equipe de desenvolvimento do *software* ManWinWin para SGMs.

No que diz respeito ao desenvolvimento dos IDs, Cabral (2013) argumenta que a seleção deles é a atividade mais sutil. Para a seleção dos IDs, apoia-se nos teóricos apontados na literatura e nos estabelecidos nas normas técnicas europeias EN 15341 (BSI, 2019) e EN 13306 (BSI, 2017). Todavia, o autor defende que é possível e, por vezes necessário, introduzir e dispor de outros IDs além dos estabelecidos nessas normas técnicas.

Nessa direção, Cabral (2013) recomenda empregar:

- A taxa de falhas (λ);

$$\frac{\text{Tempo total para restabelecimento}}{\text{Número de falhas}} \quad \text{Eq 32}$$

- O tempo médio entre falhas (MTBF);

- O tempo médio de calendário entre falhas, denominado de *calendar mean time between failures* (CMTBF). O CMTBF difere do MTBF por levar em conta o tempo médio de calendário, a ser calculado com a Equação 33. Assim, o CMTBF expressa o tempo médio entre as intervenções corretivas e indica os períodos de bom funcionamento num cenário real;

$$CMTBF = \frac{T_{c1}}{N_f} \quad \text{Eq. 33}$$

Onde:

CMTBF é o tempo médio de calendário entre falhas (dia);

T_{c1} é o número de dias (tempo contado no calendário) entre a primeira e a última falha ocorridas dentro do período de análise (dia);

N_f é o número de falhas, equivalente ao número de reparações (intervenções corretivas), executadas no período.

- O tempo médio para o reparo (MTTR), como definido na seção 2.9.3.3;

- O tempo médio de espera, denominado *mean waiting time* (MWT), que consiste na média dos tempos de espera de atendimento dos pedidos de reparação das falhas em um determinado período, calculado conforme a Equação 34. O MWT expressa a capacidade de resposta do departamento de manutenção frente às solicitações de serviço.

$$MWT = \frac{\sum TDE_i}{N_f} \quad \text{Eq. 34}$$

Onde:

MWT é o tempo de espera de atendimento (h);

$\sum TDE_i$ é o somatório dos tempos de espera de atendimento dos pedidos de reparação no período de análise (h);

N_f é o número de falhas neste período (n);

- Para o atendimento aos objetivos regulamentares, a fim de que o edifício cumpra a legislação. Por exemplo, a atual exigência legal quanto à eficiência energética e a qualidade do ar interior na comunidade europeia¹³ obriga, principalmente, à manutenção de instalações de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (AVAC). Nesse caso, Cabral (2013) propõe o emprego do indicador de eficiência energética (IEE), como expresso na Equação 35, que permite o monitoramento e controle energético da edificação.

$$IEE = \frac{E_a}{A_u} \quad \text{Eq. 35}$$

Onde:

IEE é o índice de eficiência energética (kgpe/ano×m²);

E_a é a energia agregada consumida no período de um ano (kgpe/ano), com Kgepe referindo-se a massa equivalente de petróleo;

A_u é a área útil do edifício (m²);

- Para o atendimento aos objetivos econômicos, visando a otimização dos custos de manutenção predial:

$$E = \frac{C_M}{A_u} \quad \text{Eq. 36}$$

Onde:

E é o indicador de desempenho do custo de manutenção (\$/m²);

C_M é o custo total da manutenção (\$);

A_u é a área útil do edifício (m²).

¹³ A Diretiva Comunitária nº 2002/91/CE do Parlamento Europeu estabeleceu os requisitos quanto desempenho energético das edificações.

3.9.4 Os Indicadores de Desempenho Utilizados em Organizações Educacionais Públicas

Em busca de exemplos da prática da utilização de IDs na manutenção de edificações em organizações educacionais internacionais, merecem destaques as experiências da *Association of Higher Education Facilities Officers* (APPA) que abrange os profissionais responsáveis do gerenciamento de *facilities* de instituições públicas e privadas dos EUA, Canadá e México, da *National Association of College and University Business Officers* (NACUBO) e da entidade *National Cooperative Education Statistics System* (NCES), ambas dos EUA. No que se refere à gestão da manutenção predial, os IDs empregados por essas instituições são (NFES, 2018; APPA, 2020):

- O custo de manutenção por área construída (\$/m²);
- O *facility condition index* (FCI) (%).

Em comum, os dois são indicadores de base econômica e direcionados para expressar os resultados da gestão da manutenção predial, de interesse dos gestores de nível estratégico.

O custo de manutenção por área construída está definido operacionalmente na seção 3.9.1.2.

No entanto, o indicador FCI carece de melhor definição operacional. O FCI possibilita quantificar a condição física e funcional de uma edificação com base nas despesas dedicadas aos serviços de manutenção (RE CECCONI; MORETTI; DEJACO, 2019). A formulação mais comum aceita para o FCI, de acordo com Mayo e Karanja (2018), está representada na Equação 37.

$$FCI = \frac{DM}{CRV} \times 100 \quad \text{Eq. 37}$$

Onde, DM (*deferred maintenance*), expresso em \$, é definido como todas as despesas com os serviços diferidos de manutenção e renovação de componentes construtivos, sistemas construtivos ou todo o edifício, que deveriam ter sido realizadas em um determinado período, mas que foram postergadas. Por outro lado, CRV (*current replacement value*), expresso em \$, é definido como o valor de substituição dos componentes, sistemas ou todo o edifício (RE CECCONI; MORETTI; DEJACO, 2019).

O FCI é representado em uma escala de 0% a 100%, com valores mais altos indicando a pior condição da edificação. O indicador pode ser aplicado a uma parte da edificação, a edificação completa ou até um portfólio de edifícios (MALTESE; DEJACO; RE CECCONI, 2017). Pode ser obtido independente da tipologia construtiva, do sistema construtivo ou da localização da edificação. Como principais funções, o indicador FCI auxilia na tomada de decisão

estratégica de longo prazo, bem como pode ser aplicado para comparar a condição de uma mesma edificação ao longo do tempo. Além disso, Mayo e Karanja (2018) afirmam que o FCI pode demonstrar a falta de manutenção ou, ainda, indicar uma oportunidade de renovação da edificação.

É de se salientar, ainda, as políticas de manutenção de edificações estabelecidas na Austrália. Para o Estado de *Queensland*, a política está organizada no documento intitulado *Maintenance Management Framework* (MMF) (QUEENSLAND GOVERNMENT, 2017b). Uma das políticas estabelecidas nesse documento trata do monitoramento e revisão da manutenção das edificações nos aspectos associados ao gerenciamento do programa de manutenção, fornecedor de serviços de manutenção e os resultados da manutenção.

Com relação ao gerenciamento do programa de manutenção, o gestor público deve avaliar:

- As despesas contra os orçamentos;
- A realização do programa de manutenção planejada (tempo, custo e qualidade);
- A participação (%) do total das despesas com a manutenção planejada e não planejada;
- O nível de manutenção diferida.

Quanto ao fornecedor de serviços de manutenção, o gestor público deve avaliar:

- A eficiência e eficácia de pessoas, processos, sistemas e gestão;
- A conformidade com o MMF;
- O cumprimento dos IDs definidos no SLA.

No que se refere aos resultados da manutenção, o gestor público deve avaliar:

- A relação entre as despesas totais com a manutenção e o valor de reposição do portfólio de edificações;

- A satisfação dos usuários das edificações com a condição geral e a confiabilidade dos serviços de construção;

- O *facility condition index* (FCI). A interpretação do FCI, de acordo o Estado de *Queensland* (QUEENSLAND GOVERNMENT, 2017b), como medida quantitativa da condição da edificação se dá conforme o critério: FCI de 0 a 2% indica que a edificação apresenta excelente condição; 2 a 5% como bom; 5 a 10% como regular; 10 a 15% como ruim; e FCI maior do que 15% corresponde a uma condição muito ruim.

Na Universidade de *Queensland*, as políticas de manutenção de edificações estão declaradas no documento *Asset Maintenance Policy* (AMP) (THE UNIVERSITY OF QUEENSLAND, 2009), cujos IDs exigidos e as metas a serem atingidas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Indicadores de desempenho e metas para a gestão da manutenção de edificações da Universidade de *Queensland*, na Austrália

Indicador de Desempenho	Descrição	Meta
Tempo de resposta	Prioridade 1: resposta em 1 hora (durante as horas normas de trabalho)	Alcançar no mínimo 90% do tempo de reposta especificado
	Prioridade 2: resposta dentro de 2 dias de trabalho	
	Prioridade 3: resposta dentro de 5 dias de trabalho	
	Prioridade 4: tempo de resposta não especificado	
Ordens de trabalho pendentes	Número acima de 30 dias	15% do total de ordens de trabalho
	Número acima de 60 dias	10% do total de ordens de trabalho
	Número acima de 90 dias	5% do total de ordens de trabalho
Índice de manutenção	% do orçamento da manutenção sobre o total do valor de reposição dos ativos (ARV)	≥ 1%
Índice da condição das facilidades (FCI)	% do passivo do portfólio sobre o total do valor de reposição dos ativos (ARV)	Máximo de 15%
Inspeção predial	% das edificações inspecionadas nas devidas datas	100%
Pontuação do serviço de manutenção	escore da pesquisa com os clientes	Mínimo 3,5

Fonte: The University of Queensland (2009).

O documento AMP da Universidade de *Queensland* está, atualmente, em revisão. Contudo, é possível identificar o emprego de IDs para a medição de desempenho tanto dos processos quanto dos resultados da manutenção predial, como pretendidos neste trabalho de tese. No que se refere aos processos da manutenção, são adotados os IDs: % de edificações inspecionadas; o tempo de resposta às solicitações de serviço; e as pendências nas ordens de trabalho de manutenção. No que diz respeito aos resultados da manutenção, os IDs empregados são: FCI; índice de manutenção; e a classificação do serviço de manutenção pelos usuários.

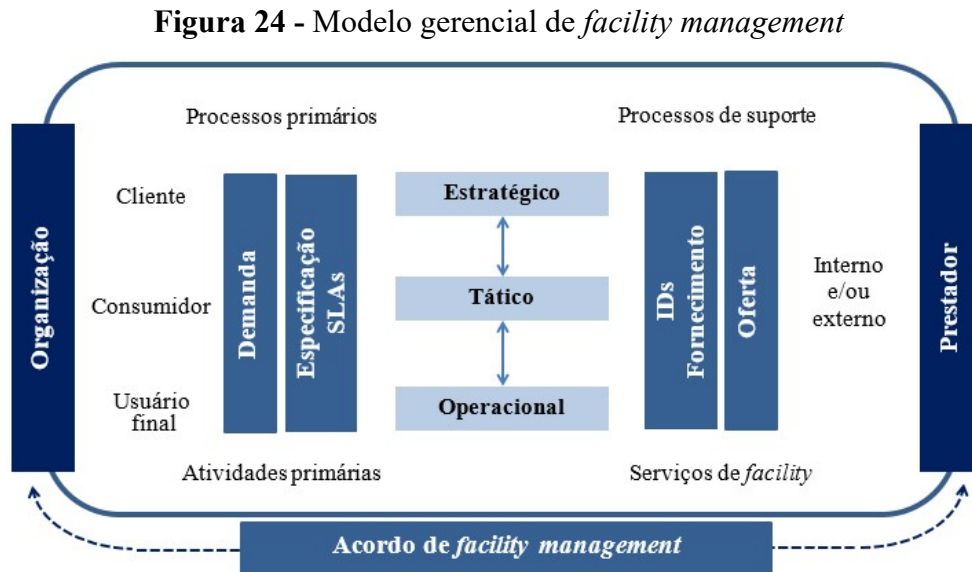
3.9.5 Outros Indicadores de Desempenho Utilizados no Domínio da Facility Management

*Facility management*¹⁴ (FM) pode ser compreendida como a função organizacional que integra pessoas, propriedade e processo dentro de um ambiente construído com o objetivo de melhorar a qualidade de vida das pessoas e a produtividade do negócio principal (ABNT,

¹⁴ Ou *facilities management*.

2019a). As práticas sob a responsabilidade dos gestores de *facility* podem ser agrupadas, de acordo com Degani (2009), em: operação e manutenção do edifício; operação das atividades de apoio ao negócio primário; e a gestão do edifício enquanto patrimônio imobiliário.

O domínio de FM está modelado na EN 15221-1 (AFNOR, 2006), como exposto na Figura 24.



Fonte: EN 15221-1 (AFNOR, 2006).

Nesse modelo, os serviços de *facility*¹⁵ prestados são medidos com o uso de IDs e confrontados com as exigências estabelecidas com o emprego dos acordos de nível de serviço¹⁶ (SLA). Os SLAs formam o núcleo dos contratos de FM e são compostos por metas mensuráveis definidas de modo que se possa administrar cada área de serviço. Portanto, os IDs são instrumentos importantes para quantificar a eficiência e eficácia em FM.

No que tange aos IDs utilizados em FM, há uma lista extensa na literatura uma vez que esta é uma disciplina em plena evolução. Entretanto, dentro desse domínio explora-se, nesta tese, os IDs relacionados às práticas da manutenção dos edifícios, que se passa a discutir.

Pati, Park e Augenbroe (2009) identificam dez IDs que tratam do desempenho, eficiência e custo-benefício da manutenção de edificações no domínio da FM, como apresentados no Quadro 19. Os IDs estão classificados em quatro principais funções da manutenção predial a fim

¹⁵ Provisão de suporte às atividades primárias de uma organização, entregue por um prestador interno ou externo.

¹⁶ Service level agreement (SLA) é o documento acordado entre a organização demandante e um prestador de serviços sobre desempenho, medição e condições da entrega do serviço.

de expressar a perspectiva do usuário final. O rol de IDs identificados pelos autores permite medir tanto os resultados (codificados por BPI e MEI) quanto os processos da manutenção de edificações (codificados por MUI, PMR, URI e ATTR).

Quadro 19 – Indicadores de desempenho relacionados à manutenção de edificações no domínio da *facility management*

Função	Indicador de desempenho	
	Código	Descrição
Eficiência da manutenção	BPI	Indicador de desempenho do edifício (<i>building performance indicator</i>)
	MEI	Indicador de eficiência da manutenção (<i>maintenance efficiency indicator</i>)
Organização da unidade de manutenção	MSD	Diagrama de fontes de mão-de-obra (<i>manpower sources diagram</i>) que expressa a relação entre as despesas com a mão-de-obra própria e a terceirizada
	MSC	Abrangência de controle gerencial (<i>managerial span of control</i>), como a relação entre o gerente e a quantidade de subordinados
	---	Disponibilidade de negócios em %, como a relação entre a área disponível e a área total ao longo do ano
	MUI	Índice de utilização da mão de obra em %, que representa a relação entre o gasto de mão de obra (Hh) na manutenção e o total (Hh) disponível
	PMR	Relação da manutenção preventiva (<i>preventive maintenance ratio</i>) em %, que expressa a relação entre o gasto em Hh na manutenção preventiva e o total (Hh) na manutenção
Frequência de falha / prontidão	URI	Indicador de solicitação de reparo urgente (<i>urgente repair request indicator</i>) e o indicador de solicitação de reparo geral (<i>general repair request indicator</i>), correspondendo a ocorrência/10.000 m ²
	ATTR	Tempo médio para reparo (<i>average time to repair</i>) que é medido como o tempo unitário para reparos em hora
Política	---	produtividade da manutenção, como a relação entre o estado da edificação e o montante envolvido

Fonte: Pati; Park; Augenbroe (2009).

Merece destaque o levantamento dos IDs empregados em FM e relatados na literatura por Lavy, Garcia e Dixit (2010). Os autores identificaram um total de 35 IDs, categorizando-os de acordo com os aspectos essenciais para a medição do desempenho relacionados aos edifícios (ou instalações), em:

- IDs financeiros. São todos os indicadores relacionados com o custo e as despesas das instalações, dos edifícios, seus sistemas e componentes. Esses IDs expressam o desempenho do edifício (ou instalação) em termos de moeda corrente despendida por unidade de área, pessoal ou produção;

- IDs físicos. São os associados com a forma física e as condições dos edifícios e suas partes. Essa categoria de IDs expressa o desempenho do edifício em termos de adequação às funções exigidas, qualidade do espaço (questão espacial, ambiental e psicológica), acessibilidade e o consumo de recursos (energia, água e outros);

- IDs funcionais. Referem-se ao funcionamento dos edifícios (ou instalações). Esses IDs medem o desempenho do funcionamento de um edifício (ou instalação) em termos de adequação de seus espaços e da produtividade de seus ocupantes, bem como expressam em que medida esses aspectos contribuem para atingir as metas de longo prazo da organização;

- IDs baseados em levantamentos (*survey*). Nessa categoria, estão incluídos os IDs que não podem ser quantificados. Esses levantamentos são, geralmente, questionários aplicados cujos entrevistados podem ser os ocupantes do edifício (funcionários em tempo integral ou parcial) ou ocupantes transitórios (clientes e visitantes). Os IDs dessa categoria podem ser úteis para medir aspectos ambientais e psicológicos de um edifício ou instalação, onde é dada alta importância às reações e opiniões dos entrevistados.

Contudo, dentre os IDs levantados por Lavy, Garcia e Dixit (2010), apenas oito IDs refletem diretamente a manutenção de edificações, como destacados no Quadro 20. Esses IDs são orientados para expressar o desempenho financeiro e físico, ou seja, são focados em demonstrar os resultados sob a perspectiva do nível estratégico em FM.

Maurício (2011) analisa a utilização do SLAs e dos IDs nos sistemas de gestão da manutenção de edificações em Portugal. Para tanto, aplicou um questionário estruturado nos gestores responsáveis pela manutenção de edificações de cinco empresas receptoras de serviços de FM. Nessa pesquisa, as empresas receptoras eram organizações nacionais ou multinacionais de grande porte com atuação em telecomunicações, transporte aéreo, produção de eletro-eletrônicos, consultoria e a produção e distribuição de energia elétrica. Os gestores foram indagados para informar se utilizavam os IDs estabelecidos na norma técnica europeia EN 15341 (BSI, 2019).

Quadro 20 - Indicadores de desempenho utilizados em *facility management* e relacionados à manutenção de edificações

Categoria	Indicador	Descrição	Unidade
Financeiro	Custos com a manutenção de edificações	Custos com a mão de obra (própria ou terceirizada) e materiais necessários para a monitoração, inspeção, reparos, manutenção e respostas aos serviços solicitados	\$/m ²
	Valor atual de reposição ou <i>current replacement value</i> (CRV)	Custo estimado para restaurar a edificação à sua condição e função original. Incluem-se os custos com material, mão de obra, equipamentos, despesas com arquitetura e engenharia, gerenciamento e outros	\$
	Manutenção diferida ou <i>backlog</i> da manutenção diferida	Custo da manutenção de uma propriedade, fábrica ou equipamento que é postergado em relação ao seu ciclo de orçamento operacional devido a restrições financeiras. É medido por meio do levantamento das condições da propriedade, fábrica ou equipamentos existentes e pela determinação da quantidade de recursos necessários para restaurá-los numa condição original	\$
	Renovação de capital	Orçamento necessário para executar as renovações principais nas edificações, seus sistemas, subsistemas e componentes	\$
	Indicador de eficiência da manutenção ou <i>maintenance efficiency indicators</i> (MEI)	Indica a eficiência com que as atividades de manutenção são implementadas	O MEI pode ser expresso em tres classes (baixo, razoável e alto) baseado no investimento atual em manutenção comparado ao desempenho atual da edificação
	Índice da condição da facilidade ou <i>facility condition index</i> (FCI)	Representado pela relação entre o custo total das anomalias e o CRV ou pela relação entre o custo da manutenção diferida e o CRV	% do CRV
	Físico	Índice de desempenho da edificação (BPI)	Indica o estado físico e funcional ou a condição de uma facilidade em termos dos componentes, sistemas e processos da edificação
Condição física da edificação para: (1) edifício, (2) instalação hidrossanitária, (3) instalações mecânicas, (4) iluminação e elétrica		Inclue a manutenção em termos de rotina de reparos, reparos maiores e menores e substituições em (1) edifícios, (2) instalações hidrossanitárias, (3) sistemas mecânicos e (4) sistemas de iluminação e eletricidade	Medida numa escala baseada na avaliação da condição em: - bom - razoável - fraco - insatisfatório

Fonte: Lavy; Garcia; Dixit (2010).

Das empresas pesquisadas por Maurício (2011), apenas duas empregavam IDs na gestão da manutenção de edificações semelhantes aos contidos na EN 15341 (BSI, 2019). O autor argumenta que a não utilização dos IDs normalizados pelos demais gestores pode evidenciar, dentre outros fatores, a inadptidão destes IDs para a gestão da manutenção de edificações uma vez que foram concebidos por especialistas na manutenção em outro contexto industrial. Além disso, a escolha pelos IDs de natureza técnica está relacionada à função de responsabilidade pela operacionalidade dos edifícios, o que torna o aspecto técnico relevante para os mesmos.

Quanto às duas organizações que prestam serviços de FM e se utilizam da EN 15341 (BSI, 2019), os gestores afirmam adaptar alguns dos IDs. Uma das organizações prefere os IDs de natureza organizacional e, a outra, os IDs técnicos. O pesquisador inquiriu-os, ainda, para apontar cinco IDs mais utilizados, obtendo o seguinte resultado:

- Tempo total de resposta (TTR), que corresponde ao tempo entre o instante em que a falha é reportada (início da ordem de trabalho) e o tempo de sua resolução (fechamento da respectiva ordem de trabalho);

- Porcentagem dos serviços de manutenção preventiva concluídas;

- Periodicidade das intervenções preventivas;

- Tempo de resposta para as atividades de manutenção corretiva;

- *Downtime*;

- Número de ordens de trabalho válidas executadas;

- Número de ordens de trabalho por área de intervenção.

Maurício (2011) questiona, ainda, os gestores quanto a utilização de outros IDs, além daqueles estabelecidos na EN 15341 (BSI, 2019). Dois IDs são, então, assinalados:

- O tempo total de resposta (TTR) como calculado pela Equação 38.

$$TTR = TCL + TRA \quad \text{Eq. 38}$$

Onde:

TTR é o tempo total de resposta (h);

TCL é o tempo de chegada ao local do trabalho por parte do prestador de serviço (h);

TRA é o tempo de resolução da falha (h).

- a porcentagem do tempo em que os sistemas estão em operação.

Em uma análise de cunho geral dos resultados encontrados por Maurício (2011), os IDs citados pelos gestores das empresas contratantes de serviços em manutenção de edificações revelam a preocupação em medir apenas os resultados do SGM.

Para caracterizar a situação no Brasil, destacam-se os trabalhos de Antunes (2004) e Ferreira (2005), em que se pode investigar a utilização de IDs no domínio de FM e que estão relacionados à manutenção de edificações.

Antunes (2004) realiza pesquisa tratando da manutenção de edificações e entrevista os gestores de três organizações existentes na cidade de Vitória-ES. Em uma das organizações pesquisadas, de natureza pública e que possui três edifícios com área total construída de 37.163 m², as atividades de gestão e de execução da manutenção de edificações eram terceirizadas. A empresa terceirizada planejava as atividades de manutenção e empregava *softwares* específicos

para auxiliar a gestão. As medidas e os IDs utilizados eram estabelecidos pela empresa, refletindo a atenção às demandas, como:

- Número de ordens de serviço abertas;
- Participação por tipo de serviço nas ordens de serviço;
- Número de chamadas de manutenção;
- Identificação do usuário por frequência de chamada;
- Controle mensal de chamada em dia útil.

A fim de conhecer as práticas e os modelos de FM empregados em empresas atuantes na região de Porto Alegre/RS, Ferreira (2005) examina uma amostra composta por sete organizações: dois hospitais sem fins lucrativos (H1 e H2), dois *shopping center* (S1 e S2), duas indústrias (I1 e I2) e uma universidade (U). Dessas organizações levantadas pela pesquisadora, no que se refere à manutenção dos edifícios, há contratação de empresas terceirizadas em graus diferentes. Da amostra envolvida no trabalho, duas organizações (S2 e I1) empregam o *software* Maximo® da IBM, a organização U utiliza o *software* Manu's®, e a I2 desenvolve *software* próprio. Nas demais organizações (S1, H1 e H2), as informações são armazenadas em planilhas elaboradas pelos gestores em *softwares* utilitários, como o Excel e Access da Microsoft. A falta desta ferramenta específica para a manutenção de edificações em organizações complexas evidencia a ausência do uso de IDs para a sua gestão. Exceto para as organizações industriais I1 e I2, que utilizam:

- Na I1, o cumprimento de ordens de trabalho emitidas e de custos;
- Na I2, o número de manutenções corretivas em relação às preventivas.

3.9.6 Os Indicadores de Desempenho Adotados em *Softwares* Especializados

No domínio de *asset management* ou de *facility management* têm-se à disposição, atualmente, *softwares* especializados que operam como um sistema de gestão de ativos corporativos (EAM¹⁷) ou como um sistema computadorizado de gestão da manutenção (CMMS¹⁸), com destaque para o IBM Maximo® *Asset Management*, da IBM *Softwares*¹⁹, IBM TRIRIGA®, Infor

¹⁷ EAM: enterprise asset management ou gestão dos ativos da empresa.

¹⁸ CMMS: Computerized maintenance management system ou sistema informatizado de gestão da manutenção;

¹⁹ Disponível em <http://www-03.ibm.com/software/products/us/en/maximoassetmanagement/>.

EAM Enterprise[®], da INFOR²⁰, Shared Services Astrein[®], da Astrein21 e o SoftExpert EAM, da SoftExpert²². Nessa área, também se distingue o *software* Mantec Med[®], da Semapi²³, orientado para a gestão dos ativos físicos de organizações hospitalares.

Por outro lado, para atender as necessidades e considerar as peculiaridades da gestão da manutenção de edificações são poucos os *softwares* especializados à disposição, em que se destacam:

- Os *softwares* adaptados por meio de *skins*. Por exemplo, o InnWinWin[®], da ManWinWin²⁴, que permite: cadastro e gerenciamento do portfólio de edificações; gerenciamento das ordens de trabalho; gerenciamento dos almoxarifados; monitoramento dos custos da manutenção; análise de IDs, utilizando os IDs estabelecidos na EN 15341 (BSI, 2019);

- Os *softwares* desenvolvidos para a gestão da manutenção de edificações. Por exemplo, o DICPLA e o PGM, do Instituto Politécnico da Catalunya²⁵. O DICPLA trata da gestão da manutenção de uma edificação isolada e o PGM de um portfólio de edificações. Em ambos, os IDs utilizados são apenas dois: o número de ordens de trabalho executadas em relação às geradas para um determinado período ou para um dado sistema; e o tempo empregado para a resolução das falhas construtivas.

3.10 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS PARA A COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO PRETENDIDO

Há consenso na literatura que a gestão da manutenção, tanto no contexto da indústria da manufatura quanto na construção civil, tem como ponto de partida a formulação das políticas de manutenção, pois permite a definição clara e quantificável dos objetivos da manutenção. Uma vez definidos os objetivos da manutenção, a escolha do tipo de manutenção é necessária para auxiliar a decisão quanto a onde e como realizá-lo. Assim, a tomada de decisão do gestor da manutenção pode ser explicitada em termos de políticas (que descrevem o mecanismo desencadeador das ações), conceitos (a estrutura de decisão geral) e de ação. Estabelecidos os

²⁰ Disponível em <http://www.infor.com/solutions/eam/>.

²¹ Disponível em <http://www.astrein.com.br/default.aspx>.

²² Disponível em <http://www.softexpert.com.br/gestao-ativos-manutencao-empresarial.php>.

²³ Disponível em http://www.semapi.com.br/intro_mantec_med.shtml.

²⁴ Disponível em <http://www.manwinwin.com.br/innwinwin/innwinwin.htm>.

²⁵ Disponível em www.itec.cat.

objetivos e os tipos, o sucesso da manutenção depende, então, da gestão das atividades de manutenção em ambos os contextos.

No que se refere aos objetivos da manutenção, no contexto da indústria manufatureira observou-se que estão geralmente relacionados aos resultados técnicos das atividades de manutenção e, de algum modo, a um nível de custo ótimo. Na manutenção de edificações, os objetivos são mais claramente compreendidos no âmbito da *facility management* (FM), uma vez que as exigências dos usuários são facilmente identificadas. Observou-se que, também na manutenção de edificações, os objetivos estão relacionados às dimensões técnicas e de custo. Portanto, nos dois contextos os objetivos da manutenção podem ser medidos em termos de eficácia. Ademais, verificou-se que há convergência de conceitos uma vez que se quer manter um item disponível para operar com confiabilidade, num maior tempo possível, ao menor custo.

Quanto aos tipos de manutenção, constatou-se que são definidos e classificados de maneira semelhante, tomando-se como referência a ocorrência das falhas para distingui-los em tipo planejado ou não planejado. Além disso, as atividades de manutenção são também definidas e classificadas similarmente, segundo o impacto no desempenho dos itens.

A revisão da literatura também revelou o consenso dos principais autores em compreender, atualmente, a manutenção na indústria da manufatura gerida por processos e orientada para a melhoria contínua. Embora os modelos de gestão da função manutenção discutidos por vários autores tenham profundidades de análise diferentes, foi possível reconhecer os processos básicos do ciclo da manutenção nessa indústria: a identificação; o planejamento e a programação; e a execução das atividades de manutenção. Com relação à manutenção de edificações, a revisão da literatura apontou a semelhança quanto aos modelos de gestão da manutenção, à opção da abordagem da gestão por processos, a iteração do ciclo PDCA e os processos básicos do ciclo da manutenção.

Portanto, verificou-se o pressuposto assumido neste trabalho de tese. Também corroborado pela afirmativa de Cabral (2013), de que há um conjunto de conceitos e regras que são linearmente aplicáveis aos sistemas de gestão da manutenção em qualquer organização, variando, apenas, segundo as peculiaridades do portfólio a ser mantido, das pessoas envolvidas na gestão, da cultura da organização e as exigências legais.

Apesar disso, observou-se o desnível tecnológico entre os dois contextos investigados. O estágio mais elevado da gestão da função manutenção na indústria da manufatura ficou evidenciado quando se atentou para a sólida base teórica e prática existente nesse ambiente. Há extensa literatura científica sobre a compreensão da função manutenção e o desenvolvimento de

modelos e técnicas para a medição do desempenho. Além disso, há suficiente disponibilidade de normas técnicas que permitam aplicar modelos e técnicas consagrados em qualquer organização industrial.

Deu-se sequência, então, na busca de uma solução satisfatória para o sistema IDs para a medição, de maneira integrada e sistêmica, do desempenho da gestão da manutenção de edificações e seus resultados nas IES públicas.

Para isso, a composição do sistema de IDs pretendido foi orientada pelas diretrizes captadas da revisão da literatura realizada, com teor discutido no segundo e neste capítulo, como:

a) O sistema de IDs deve ser guiado pelos objetivos organizacionais (RIIS *et al.*, 1997; KUTUCUOGLU *et al.*, 2001; COETZEE, 2004; PARIDA, 2006; CAMPBELL; REYES-PICKNELL, 2006; MUCHIRI *et al.*, 2011; KUMAR *et al.*, 2013; BSI, 2017; RICS, 2018; ABNT, 2020b);

b) O sistema de IDs deve estar organizado numa perspectiva holística a fim de rastrear e melhorar os diferentes aspectos da manutenção de edificações. Assim, a medição do desempenho da manutenção deve assumir diferentes perspectivas, como financeiras e não-financeiras, de resultados ou vetores de desempenho, internas ou externas (KUTUCUOGLU *et al.*, 2001; COETZEE, 2004; WIREMAN, 2005; CAMPBELL; REYES-PICKNELL, 2006; LADIANA, 2007; LAM; CHAN; CHAN, 2010; LAVY; GARCIA; DIXIT, 2010, 2014; KUMAR *et al.*, 2013; BSI, 2019; ABNT, 2020b);

c) O sistema de IDs deve refletir a gestão da manutenção gerida por processos e orientada para a melhoria contínua (COETZEE, 2004; PARIDA, 2006; BSI, 2017);

d) O sistema de IDs deve ser conduzido para a integração dos processos básicos da manutenção e os seus resultados. Nessa direção, o sistema de IDs deve expressar a relação causal entre os processos e os resultados. Assim, enquanto os esforços ou processos estão em progresso é possível agir, se necessário, para atingir os resultados esperados pela organização. No que se refere os processos básicos da manutenção, considerar a identificação, o planejamento e a programação, e a execução das atividades de manutenção. Na medição desses processos deve ser possível quantificar a eficiência do SGM de edificações. No que diz respeito à medição dos resultados, considerar o desempenho físico e funcional da edificação e suas partes e desempenho do custo das atividades de manutenção. Na medição dos resultados deve ser possível quantificar a eficácia do SGM de edificações (JONSSON; LESSHAMMAR, 1999; COETZEE, 2004; WEBER; THOMAS, 2005; MUCHIRI *et al.*, 2011; KUMAR *et al.*, 2013);

e) O sistema de IDs deve refletir os dois tipos de manutenção de edificações, o planejado e o não planejado (WIREMAN, 2005; MUCHIRI *et al.*, 2011; KARDEC; NASCIF, 2012);

f) Os IDs devem estar relacionados aos níveis hierárquicos gerenciais, de maneira que os IDs no nível inferior possam explicar os resultados apresentados nos IDs aos gestores do nível superior (PINTELON; VAN PUYVELDE, 1997; ARTS; KNAPP; MANN, 1998; WIREMAN, 2005; PARIDA, 2006; GALAR *et al.*, 2011; KUMAR *et al.*, 2013; DEJACO; RE CECCONI; MALTESE, 2017; MORETTI; RE CECCONI, 2019; ABNT, 2020b);

g) Os IDs devem ser selecionados dentre os disponíveis na literatura, preferencialmente os estabelecidos em normas técnicas, como a europeia EN 15341 (BSI, 2019), e ajustados às condições da medição do desempenho da manutenção de edificações (ARTS; KNAPP; MANN, 1998; CABRAL, 2013; ROCHA; RODRIGUES, 2017; BSI, 2019);

h) Os IDs devem ser amigáveis, ou seja, simples, fáceis de usar e prontamente disponíveis, e em quantidade suficiente, mas não elevada, para expressar cada aspecto que se quer medir (COSTA, 2003; CABLE; DAVIS, 2004; COETZEE, 2004; RICS, 2018).

4 MÉTODO DE PESQUISA

Os procedimentos que orientaram a investigação em direção ao rigor teórico-metodológico e à relevância do estudo são descritos e justificados neste capítulo a fim de atingir o objetivo principal proposto.

4.1 O DELINEAMENTO DA PESQUISA

O pesquisador levou em conta os argumentos de Simon (1996), no qual a lógica do *design* em encontrar alternativas exige apenas fato e raciocínio declarativo. Foram também consideradas as recomendações de Manson (2006), em que se deve informar as premissas consideradas na construção do artefato, registrar as tentativas e as razões que o levaram a optar por uma tentativa em prol de outra.

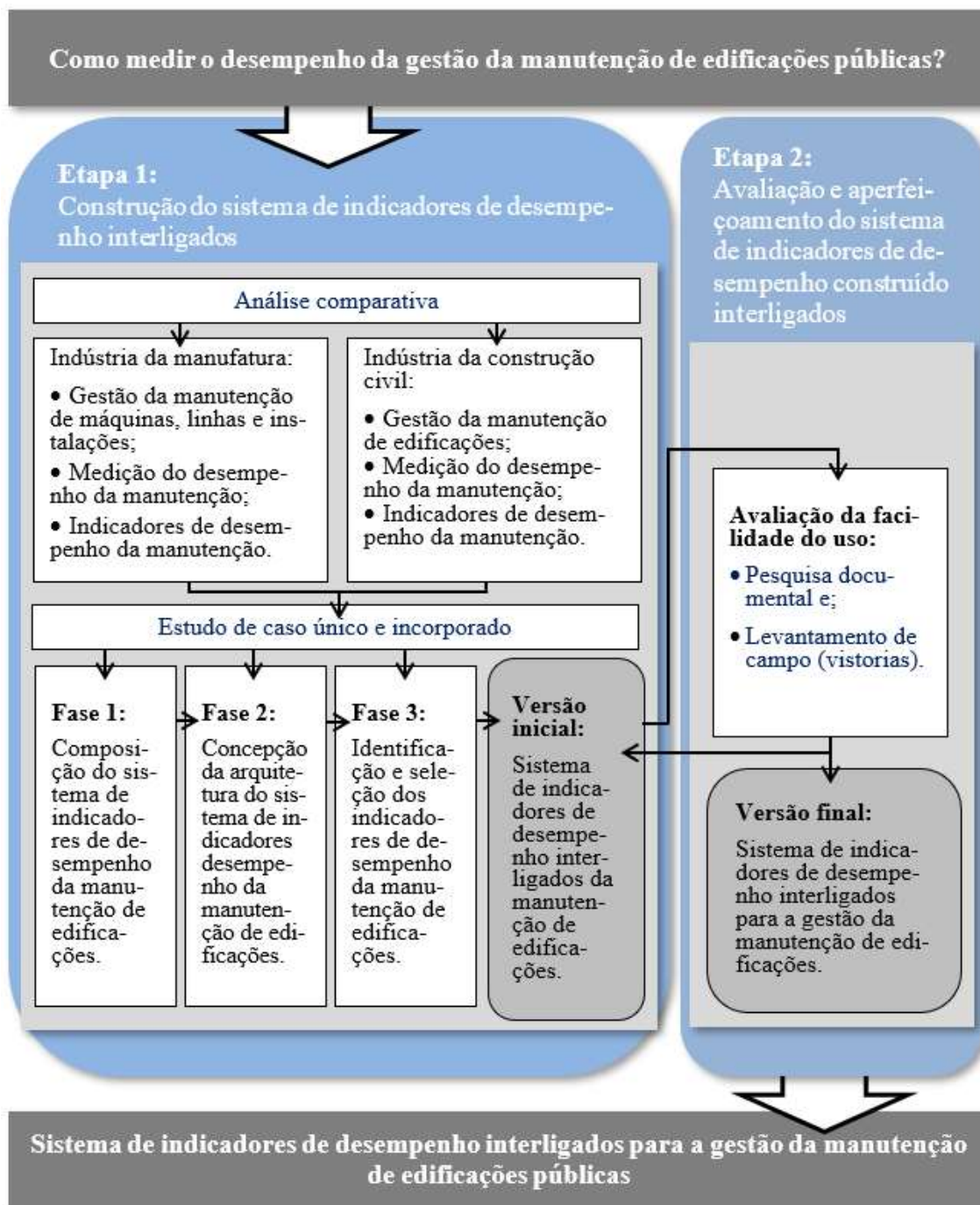
A pesquisa foi, então, estruturada em duas etapas: (i) a construção do sistema de IDs; e (ii) a avaliação da facilidade do uso e o aperfeiçoamento do sistema de IDs construído. O delineamento está apresentado na Figura 25.

A primeira etapa da pesquisa foi guiada pela questão fundamental: como medir o desempenho dos diferentes fatores que impactam na gestão da manutenção de edificações universitárias públicas? A etapa consistiu na construção do sistema de IDs pretendido.

Tomou-se por pressuposto que o conhecimento científico e técnico originário do contexto da manutenção da indústria manufatureira poderia fornecer a base teórica e a experiência necessária para a solução do problema de pesquisa. Nesta etapa, foi desenvolvida uma revisão sistemática da literatura sobre os fundamentos da gestão e da medição do desempenho da manutenção, separando os contextos da manufatura e das edificações. A análise comparativa dos dois conteúdos permitiu identificar os aspectos divergentes e convergentes entre eles, bem como apontou as oportunidades para transferir conceitos, estrutura e indicadores de desempenho do primeiro para o segundo.

A estratégia de pesquisa adotada devia possibilitar, ainda, a coleta e análise de dados em processos gerenciais de manutenção e permitir o conhecimento crítico da realidade, além de propiciar a ampliação das fontes de evidências. Portanto, optou-se pela condução do estudo de caso único e incorporado envolvendo um sistema consolidado, em plena operação e representativo da gestão da manutenção de edificações das IES públicas.

Figura 25 – Delineamento da pesquisa



Fonte: O autor (2021).

O pesquisador deve fornecer evidências de que o artefato construído resolve o problema do mundo real (TREMBLAY; HEVNER; BERNDT, 2010). Para isso, buscou-se demonstrar a viabilidade do sistema de IDs construído em assegurar que o que está sendo proposto é passível de implementação (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

Assim, a segunda etapa da pesquisa correspondeu à avaliação da facilidade de uso do sistema de IDs construído por meio da coleta de dados na unidade de estudo. Além disso, a segunda etapa abrangeu o aperfeiçoamento do sistema de IDs. A etapa forneceu o *feedback* essencial para a construção do artefato, num *loop* iterativo e incremental até que o sistema de IDs fosse finalmente gerado.

É importante destacar que a validação e a confiabilidade de uma pesquisa são exigências básicas no campo científico, tanto para pesquisas quantitativas quanto qualitativas. Na pesquisa de cunho qualitativo, Kirk e Miller (1986) argumentam que a validade tende a ser observada nos aspectos de validade aparente (produção de informação desejada ou esperada), validade instrumental (combinação entre os dados fornecidos por vários métodos de pesquisa) e validade teórica (legitimidade dos procedimentos de pesquisa em termos de teoria estabelecida). Por sua vez, a confiabilidade refere-se à garantia de que outro pesquisador, ao realizar uma pesquisa semelhante, obtenha resultados semelhantes. Não obstante, de acordo com Creswell (2007), nas investigações qualitativas, a confiabilidade e a generalização desempenham um papel menor, uma vez que se busca mais a transferibilidade do que a generalização.

Por essas razões, a validação e a confiabilidade da tese foram buscadas a partir da validação e confiabilidade do protocolo de pesquisa e dos instrumentos empregados para a coleta e análise dos dados em cada uma das duas etapas da pesquisa, que estão detalhadas a seguir.

4.2 A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO

A construção do sistema de IDs foi realizada a partir da análise comparativa da revisão sistemática da literatura. Por si mesma, como argumentado por Cook, Mulrow e Haynes (1997), a revisão sistemática pode ser classificada como um estudo observacional retrospectivo. A revisão sistemática consiste em um processo rigoroso e explícito para identificar, selecionar, coletar e analisar dados e descrever as contribuições que são relevantes à pesquisa (FERENHOF; FERNANDES, 2016). Essa sistematização procurou reduzir possíveis vieses observados nas revisões não-sistemáticas, tantos os vieses observados na forma de revisão da literatura e na seleção dos artigos quanto aqueles detectados pela avaliação crítica de cada estudo (SOUSA; RIBEIRO, 2009). Seguiu, portanto, um protocolo de pesquisa.

A revisão sistemática da literatura teve o compromisso de identificar os princípios e conceitos como meio para compreender a aplicação dos métodos, técnicas e ferramentas utilizados na gestão e na medição do desempenho da manutenção nos dois contextos.

No que diz respeito à investigação do ambiente da indústria da manufatura, o foco incidiu sobre a gestão da manutenção de equipamentos, linhas de produção e instalações, na medição do desempenho da manutenção e na utilização dos IDs. No contexto da manutenção de edificações, o escopo de investigação foi o mesmo, mas incluindo a busca de experiências em *facility management*.

Para tanto, as palavras-chave adotadas para explorar cada um dos contextos foram: gestão da manutenção (*maintenance management*); avaliação de desempenho (*performance assessment*) ou medição do desempenho (*performance measurement*); e indicadores de desempenho (*performance indicators*). No âmbito da gestão da manutenção de edificações, incluiu-se na busca o termo *facility* ou *facilities management*, e restringiu-a às edificações (*buildings*).

As buscas foram realizadas em três bases de dados: *Web of Science-Clarivate Analytics*®; *Scopus-Elsevier*®; e *Compendex-Engineering Village-Elsevier*®.

Na seleção dos resultados da busca foram empregados dois filtros de pesquisa: o tipo de documento, se artigos publicados em revistas científicas e anais de eventos, livros de autores ou editores reconhecidos, normas técnicas e relatórios; e o idioma, em inglês e português.

A bibliografia foi organizada utilizando-se o *software* Endnote®, que possibilita excluir documentos duplicados, destacar o título, palavras-chave e resumos de cada documento para efeito de seleção daqueles alinhados aos focos da busca e exportar dados para as análises bibliométricas.

A leitura dos documentos selecionados possibilitou identificar os trabalhos de maior relevância, mapear os autores mais recorrentes e apropriar-se dos fundamentos para a construção do arcabouço teórico dos dois contextos da manutenção.

A pesquisa devia possibilitar, ainda, a coleta e análise de dados em processos gerenciais de manutenção e permitir o conhecimento crítico da realidade, além de propiciar a ampliação das fontes de evidências. Optou-se, portanto, pela condução do estudo de caso único e incorporado envolvendo um sistema consolidado, em plena operação e representativo da gestão da manutenção de edificações das IES públicas.

O estudo de caso é uma pesquisa de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno que está inserido no ambiente natural, bem como quando não são claramente definidas as fronteiras entre o fenômeno observado e o seu contexto. De acordo com Gil (2002), trata-se de uma análise aprofundada de um ou mais casos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento. Yin (2015) considera o estudo de caso como uma estratégia adequada para a pesquisa que não exige controle sobre eventos comportamentais e envolve as respostas às

questões propostas do tipo “como” e “por que”. Para Bonoma (1985), o estudo de caso é útil quando um fenômeno é amplo e complexo e o corpo de conhecimentos existente é insuficiente para permitir a proposição de questões causais, considerando, ainda, que o fenômeno não pode ser estudado fora do contexto no qual ele naturalmente ocorre.

Como os requisitos apontados por Gil (2002), Yin (2005) e Bonoma (2005) estão presentes no fenômeno a ser observado e no contexto em que se insere o problema nesta pesquisa, considerou-se, portanto, apropriada a opção pelo estudo de caso como estratégia de investigação. Além disso, em função da complexidade da realidade sondada e da dinâmica das atividades de manutenção, a flexibilidade inerente ao estudo de caso também justificou a escolha por esta estratégia, posto que permitiria alterar, ao longo da pesquisa, a proposição do sistema de IDs. Ademais, o estudo de caso também atende a recomendação de Sink e Tuttle (1993) para o desenvolvimento dos sistemas de medição do desempenho, em que se deve adotar uma abordagem experimental em que os IDs são inicialmente desenvolvidos e testados e, caso necessário, alterados quando não se mostrem adequados.

No que diz respeito à opção pela condução de um único estudo de caso, a escolha deveu-se ao propósito de construir a teoria em uma área de conhecimento particular com investigação da realidade em maior profundidade, bem como a exigência de coletar e analisar uma ampla massa de dados para o cálculo de IDs da manutenção. Também se pautou nos argumentos de Gray (2012) e Yin (2015), em que o estudo de caso único é válido e decisivo quando o caso é representativo ou típico, ou seja, se assemelha a muitos outros casos.

No entanto, em estudos de um único caso há uma limitação no grau de generalização uma vez que há o risco de um julgamento inadequado. A limitação quanto à aplicação de um único estudo de caso poderá ser contornada pressupondo-se a semelhança das características entre a única organização observada e as demais organizações universitárias públicas. Isso significa assumir a unidade de análise do estudo como um elemento integrante de uma amostra homogênea de sistema de manutenção de edificações universitárias públicas.

A opção por projetar o estudo de caso incorporado, isto é, em que dentro do caso se deu atenção também a várias subunidades de análise, deveu-se a característica do sistema de manutenção de edificações de organizações universitárias, que se compõe de várias unidades de processo. Assim, como argumentado por Yin (2015), as subunidades acrescentaram oportunidades a uma análise extensiva.

A demonstração necessária da qualidade da pesquisa científica, conforme preconizam Gummesson (2007) e Yin (2015), foi conduzida em termos de atendimento à validade, confiabilidade e generalização.

A validade do estudo de caso foi estabelecida por meio das técnicas de validade de construto, validade interna e validade externa. Tais técnicas devem ser aplicadas em cada fase da condução da investigação que são relevantes para determinar a estabilidade e qualidade dos dados obtidos (BRANNEN, 1992; RIEGE, 2003; YIN, 2015).

A validade do construto está relacionada ao grau de correção dos dados coletados, ou seja, até que ponto as medidas operacionais corretas podem ser estabelecidas para os conceitos em estudo (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002; YIN, 2015). Portanto, refere-se à fase da coleta de dados num estudo de caso. Pretendeu-se atingi-la seguindo os procedimentos recomendados por Riege (2003) com a utilização de múltiplas fontes de evidência e o estabelecimento de uma rede de evidências. Nesse sentido, foram coletados dados qualitativos, cuja integração na pesquisa permitiu a triangulação. Levando em conta que a triangulação é uma das técnicas para tornar o estudo de caso robusto, foi adotada a triangulação de fonte de dados e de métodos.

A validade interna está, de acordo com Yin (2015), associada ao grau que se estabelece para uma relação causal em que determinadas condições levam às outras, em contraposição às relações espúrias. A validade interna pode ser testada, como recomenda o autor, com a aplicação de técnicas de reconhecimento de padrões ou a construção de explicações ou análises de séries temporais. Portanto, é aplicada na fase de análise dos dados do estudo de caso.

A validação externa do estudo de caso trata da questão do grau com que as conclusões a que chegou o pesquisador podem ser generalizadas. Ou, como definem Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002), saber se os resultados obtidos podem ser generalizados para além do estudo de caso. A validação externa pode ser verificada essencialmente na fase da concepção do estudo de caso, mas também na análise dos dados. Para tanto, seguiram as recomendações de Riege (2003) no que tange à definição do escopo e dos limites para a generalização analítica do estudo e a comparação das evidências com a literatura existente.

Quanto à confiabilidade da pesquisa conduzida, ela se refere ao grau com que as operações do estudo podem ser repetidas (YIN, 2015). Portanto, a confiabilidade se coaduna principalmente com a fase de concepção do estudo de caso e a coleta de dados. Seguindo a orientações de Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002), Riege (2003) e Yin (2015), o protocolo da pesquisa foi o principal instrumento para se estabelecer a confiabilidade, pois forneceu as informações para

que a repetição dos estudos executados sob as mesmas condições encontre os mesmos resultados.

As fases da pesquisa para a construção do sistema de IDs estão descritas na sequência.

4.2.1 Fase 1: A composição do Sistema de Medição do Desempenho da Manutenção de Edificações

A primeira fase foi orientada para refletir a questão: como compor o sistema de IDs para medir o desempenho da manutenção de edificações?

O objetivo foi estabelecer as diretrizes para a composição do sistema de IDs pretendido. Os resultados desta fase estão apresentados no segundo e terceiro capítulo da tese, resultando nas diretrizes estabelecidas na seção 3.10.

4.2.2 Fase 2: A Concepção da Arquitetura do Sistema de Indicadores de Desempenho da Manutenção de Edificações

Com base nas diretrizes para a composição do sistema de IDs, a segunda fase foi conduzida pela questão: o que medir?

O objetivo foi conceber a arquitetura do sistema de IDs que permita a medição dos diferentes fatores relevantes à gestão da manutenção de edificações. Assim, a arquitetura devia refletir a interligação lógica dos IDs, ou seja, a relação causal entre eles levando em conta o SGM de edificações das IES públicas.

Nessa direção, obteve-se o *framework* do sistema de IDs interligados para a medição do desempenho da gestão da manutenção de edificações dos *campi* universitários. Para tanto, foi conduzido o estudo de caso único e incorporado, cujo protocolo está apresentado e justificado a seguir.

4.2.2.1 Preparação do estudo de caso

A preparação abrangeu a definição da unidade de análise e das fontes de evidências.

4.2.2.1.1 Definição da unidade de análise

Voss, Tsiriktsis e Frohlich (2002) salientam que os casos únicos apresentam muitos limites para generalizações nas conclusões e dificultam o desenvolvimento de modelos e teorias. Por essa razão, de acordo com Yin (2015), o potencial local de estudo deve ser selecionado tendo em vista a replicação literal (local onde os resultados similares são prognosticados) e a replicação teórica (local onde os resultados contraditórios são prognosticados). A escolha do local recaiu, ainda, em mais outros critérios:

- A existência de um sistema em operação e consolidado para a manutenção de edificações de uma organização universitária pública;
- A complexidade do portfólio de edificações universitárias, que deveria ser constituído por uma diversidade de tipologias, de usos, de idade de construção e distribuição espacial no *campus*;
- A permissão para acessar documentos institucionais e coletar dados.

Em vista disso, a escolha da IES pública foi intencional. Tomou-se como unidade de análise o sistema de manutenção de edificações do *campus* da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Vale destacar que o pesquisador possui familiaridade com o *campus* uma vez que está vinculado à UEL desde o ano de 1993, tendo servido em diversos órgãos relacionados ao projeto, execução e manutenção de suas edificações.

4.2.2.1.2 Escolha das fontes de evidência

Tendo em vista que se trabalhou em um ambiente real com uma grande quantidade de variáveis, apenas um instrumento de coleta de dados não captaria todas as evidências da unidade de estudo. Por essa razão, recorreu-se a múltiplas fontes que permitissem a utilização da técnica da triangulação dos dados e, por conseguinte, a convergência dos resultados. Esta opção coaduna com a argumentação de Cellard (2008), em que a qualidade da informação, a diversidade de fontes utilizadas, das corroborações e das intersecções dão profundidade e refinamento a uma análise.

Assim, o pesquisador utilizou as seguintes fontes de evidência no estudo de caso:

- A pesquisa documental, em que o pesquisador leu e interpretou documentos não bibliográficos para identificar as informações factuais. Neste estudo, a pesquisa documental teve a intenção de caracterizar o sistema de gestão da manutenção de edificações da UEL e permitir

provar que o artefato construído pelo pesquisador cumpre a sua função. Além disso, prestou-se para coletar dados e calcular os IDs propostos a fim de aperfeiçoar o sistema de IDs;

- O levantamento de campo, que tratou de identificar, por meio de vistorias, a condição das edificações, bem como de conferir a veracidade dos dados contidos em documentos quando detectada a inconsistência nos seus registros. A pesquisa documental conjugada com as vistorias também serviu ao pesquisador para avaliar a facilidade do uso do sistema de IDs construído.

4.2.2.2 Coleta de Dados

Na fase de coleta de dados, o pesquisador realizou o trabalho pessoalmente. As fontes exploradas nesta pesquisa foram predominantemente primárias. Assim, foram coletados os dados produzidos por testemunhas diretas do fato, arquivados ou não, e que foram compilados. Os dados foram coletados com uso de técnicas de levantamento de documentos e observação visual que são descritas a seguir.

4.2.2.2.1 Levantamento de Documentos

Os documentos coletados consistiram em:

- Os regimentos, resoluções, atos executivos, planos de desenvolvimento e relatórios contábeis publicados pela administração superior;
- As instruções de serviço, os ofícios circulares e memorandos formalizados diretamente pela PCU;
- O *software* para a gestão de solicitações de serviço (SS) de manutenção implementado na PCU;
- Os projetos executivos das edificações e seus sistemas.

4.2.2.2.2 Levantamento de Campo

O levantamento de campo consistiu na realização de vistorias em edificações com o propósito de avaliação da condição das edificações. Para tanto, a observação foi sistemática, pois ocorreu em condições controladas. Além disso, a observação classificou-se como não participante uma vez que o pesquisador apenas observou os fatos. A observação foi individual, posto que somente o pesquisador coletou os dados na unidade sob observação. As vistorias às edificações foram do tipo *walk-through* e as falhas construtivas foram detectadas por meio visual,

sem a utilização de equipamentos especializados. Os fatos constatados *in loco* foram registrados por meio de fotografias digitalizadas e em forma de relatórios.

4.2.2.3 Análise dos Dados Coletados

As evidências foram encadeadas de maneira lógica a fim de possibilitar ao observador externo acompanhar as derivações de qualquer evidência. Em vista disso, os resultados obtidos na análise abrangeram tanto o que é aderente às teorias quanto aos pontos conflitantes. Seguindo as orientações de Dubé e Paré (2003), a descrição clara dos procedimentos de análise dos dados possibilitou entender melhor os resultados obtidos e facilitou o julgamento da sistematização e o rigorismo do processo. Os procedimentos adotados estão apresentados a seguir.

4.2.2.3.1 Análise documental

Os dados coletados foram analisados empregando-se as técnicas de análise de conteúdo. Essas técnicas consistem em uma metodologia de interpretação com enfoque qualitativo, de maneira que propiciem confrontar os resultados obtidos com considerações formuladas pelo pesquisador e sistematizar as justificativas (BARDIN, 2010).

Para a caracterização do sistema de manutenção de edificações, as características observadas pelo pesquisador foram aquelas que permitiram compreender: as políticas e tipos de manutenção; a estrutura organizacional; os processos, seus *inputs* e *outputs* do sistema de manutenção; as técnicas e ferramentas aplicadas; os recursos disponíveis; o fluxo de controle e registro de informações.

Os dados coletados na vistoria das edificações foram tratados da mesma maneira.

4.2.2.3.2 Avaliação da condição das edificações

Os procedimentos para a avaliação da condição das edificações seguiram aqueles estabelecidos por Leite *et al.* (2020), em que se ajustou os fatores e critérios que compõem o indicador *building performance indicator* (BPI) inicialmente desenvolvido por Shohet (2003).

O BPI é um dos IDs selecionados para compor o artefato construído nesta tese. Em resumo, o BPI é um indicador que expressa de maneira quantitativa (numa escala ordinal de 100) a condição física do edifício a partir da avaliação do desempenho dos vários sistemas funcionais que o compõem.

A aplicação do BPI está baseada na vistoria à edificação, em que todos os seus ambientes são observados visualmente pelo pesquisador. A vistoria permitiu ao pesquisador emitir notas para expressar a condição física de cada sistema funcional da edificação, conforme os critérios ajustados por Leite *et al.* (2020). Assim, calculou-se o BPI para cada edificação analisada de maneira a expressar a sua condição.

Os resultados obtidos foram registrados em relatórios.

4.2.3 Fase 3: A Identificação e a Seleção dos Indicadores de Desempenho da Manutenção de Edificações

Tomando-se o *framework* concebido, a terceira fase foi norteada pela questão: Como medir?

Por conseguinte, o objetivo foi identificar e selecionar os IDs.

A identificação baseou-se nos IDs levantados na literatura e aplicáveis ao SGM de edificações das IES públicas, tomando como fontes:

- As normas técnicas, pois o conteúdo das normas técnicas reflete o estado da arte sobre um assunto e representa a consagração pelo uso de um método, procedimento, técnica ou produto em um determinado momento. Ademais, para a elaboração das normas técnicas são reunidos voluntariamente grupos de profissionais de relevada competência e experiência numa determinada área;

- Os principais pesquisadores de artigos indexados ou autores de publicações reconhecidas que refletem o conhecimento produzido na academia e;

- Os *softwares*, por demonstrar a práxis do mercado.

Para a seleção dos IDs levantados foram adotados os mesmos critérios estabelecidos por Neely, Adams e Kennerley (2002) e Parida (2006), expressos por meio das seguintes questões:

- Qual é a razão para utilizar esse ID?
- Quem vai agir assim que os IDs estiverem disponíveis?
- Onde serão obtidos os dados para o cálculo dos IDs?
- Quem vai coletar os dados?
- Com que frequência serão coletados os dados?
- Com que frequência os IDs serão revisados?

As questões de Neely, Adams e Kennerley (2002) e Parida (2006) dirigiram a seleção de cada ID, resultando no preenchimento do Quadro 21.

Quadro 21 – Descritores para o indicador de desempenho selecionado

Termo	Descrição
Designação	ID n°.
Categoria	Indicador de processo ou de resultado.
Destinatário	Gestor estratégico, tático ou operacional.
Dimensão	Econômica, técnica ou organizacional.
Denominação	
Fórmula	$ID = \frac{A}{B}$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- A; - B.
Justificativa para a medição	
Relação causal com outros IDs	
Periodicidade da coleta de dados	mensal, semestral, anual, bimestral ou trienal.
Periodicidade da revisão do ID	mensal ou anual.

Fonte: O autor (2021).

O resultado obtido nesta fase correspondeu à versão inicial do sistema de IDs para a medição da manutenção de edificações.

4.3 A AVALIAÇÃO E APERFEIÇOAMENTO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO CONSTRUÍDO

Com o sistema de IDs construído inicialmente, a segunda etapa da pesquisa consistiu na avaliação da sua facilidade do uso.

Inicialmente, o SGM do *campus* da UEL foi caracterizado. Após, foram avaliadas a facilidade do uso do sistema de IDs construído.

A avaliação da facilidade do uso do sistema de IDs construído consistiu em investigar a exequibilidade e a praticidade em coletar e processar os dados originados. Em vista disso, buscou-se analisar a facilidade em acessar os dados em documentos, em *softwares* ou banco de dados eletrônicos da organização ou em campo, bem como em analisar a operacionalidade quanto ao armazenamento e a recuperação desses dados.

Os atributos que expressam a facilidade do uso do sistema de IDs construído foram definidos como:

- A facilidade em coletar os dados para a produção das medidas que compõem os IDs;
- A facilidade em armazenar e recuperar os dados para a produção dessas medidas.

Os resultados da avaliação da facilidade de uso possibilitaram alterar o sistema de IDs concebido, principalmente com a inclusão ou exclusão, bem como o ajuste ou adaptação de IDs para compô-lo

Ao realizar essa avaliação, o sistema de IDs foi aperfeiçoado chegando, então, a versão final.

4.4 VERSÃO FINAL DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO

A versão final do sistema de IDs foi, então, explicitada em um quadro sinótico contendo os IDs codificados para facilitar a visão global do artefato proposto.

Além disso, March e Storey (2008) recomendam que os pesquisadores concluam seus estudos com uma explanação do que foi construído e das implicações dos resultados obtidos para o campo prático. Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015) argumentam que, após a etapa de avaliação é fundamental a explicitação das aprendizagens obtidas durante o processo de pesquisa, declarando os fatos de sucesso e insucesso.

Para tanto, as análises feitas foram confrontadas com as teorias, modelos e considerações da revisão da literatura que levaram a versão final do artefato construído. Este confronto forneceu subsídios para gerar as conclusões. As conclusões foram específicas com possíveis inferências (não estatísticas) e explicações a fim de que as generalizações possam embasar novas teorias (CAMONAR, 1991).

5 A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

Em conformidade com o método de pesquisa, o presente capítulo trata da construção do sistema de IDs pretendido. O capítulo está organizado em quatro partes principais.

A primeira parte abrange a descrição e a análise do contexto da unidade de estudo adotada na pesquisa: o sistema de manutenção de edificações do *campus* da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

A segunda parte dedica-se à concepção da arquitetura do sistema de IDs tendo como questão norteadora: o que medir?

A terceira e quarta parte debruçam-se na identificação e a seleção dos IDs, respectivamente, guiadas pela questão: como medir o desempenho? A versão inicial do sistema de IDs construído vem, então, apresentada.

5.1 A DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES DO CAMPUS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

A unidade de análise adotada correspondeu ao sistema de manutenção de edificações do *campus* da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

A UEL é uma IES pública criada em 28/01/1970 pelo governo do Estado do Paraná. No ano de 2020, foram oferecidas 53 opções de ingresso em cursos de graduação e 209 de programas de pós-graduação envolvendo todas as áreas do conhecimento humano, o que correspondeu a aproximadamente 13.314 alunos ativos de graduação e 4.677 de pós-graduação (UEL, 2020).

Até o ano de 2018, a estrutura física de seu *campus* ocupava 235,57 ha e possuía 242.218,00 m² de área construída. Além disso, outras edificações próprias implantadas fora do *campus* atingiam a 131.831,30 m², mais as edificações alugadas, em cessão de uso ou comodato que correspondiam a 57.277,90 m² (UEL, 2018a).

O portfólio de edificações do *campus* da UEL possui uma multiplicidade de usos, em que se destacam as salas administrativas, salas de aula, salas de permanência e estudos, bibliotecas, auditórios, laboratórios, ambulatórios, centros cirúrgicos, refeitórios, dormitórios, oficinas, galpões, sistema de abastecimento de água e coleta de esgoto, sistemas de energia elétrica em alta e baixa tensão, sistema de telefonia, rede lógica, aquecimento, ventilação e ar-condicionado (AVAC).

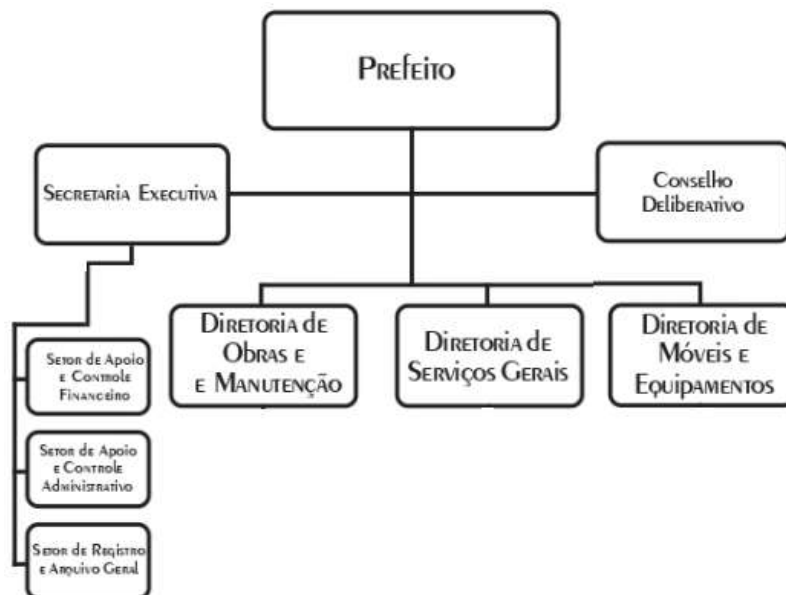
Contudo, a política de manutenção de edificações não está definida e declarada na UEL. Não se tem um documento que contenha o conjunto de regras para guiar os gestores da manutenção nas tomadas de decisão, como também identificado pelo Diretor de Obras e Manutenção da Prefeitura do *Campus* Universitário (FUJITA, 2015).

O sistema de manutenção da estrutura física do *campus* é centralizado na Prefeitura do *Campus* Universitário (PCU), que se vincula diretamente à Reitoria da UEL. Conforme estabelecido no Regimento da Reitoria (UEL, 2018b), a PCU é o “órgão responsável pela fiscalização de obras, pela conservação e manutenção da estrutura física da Universidade, incluindo a programação e administração das áreas públicas do *Campus* Universitário”.

Todavia, o cadastro das edificações que compõem o portfólio do *campus* da UEL está localizado junto à Pró-Reitoria de Planejamento (PROPLAN), na Diretoria de Planejamento do Território e Edificações (DPTE). O cadastro contém os projetos executivos de todas as edificações, em estado físico (pranchas originais em papel vegetal) ou eletrônico (arquivos em CAD).

A PCU é compreendida pelo Prefeito, Conselho Diretor, Secretaria Executiva e três Diretorias Administrativas, como representadas na Figura 26.

Figura 26 – Organograma da Prefeitura do *Campus* Universitário da UEL



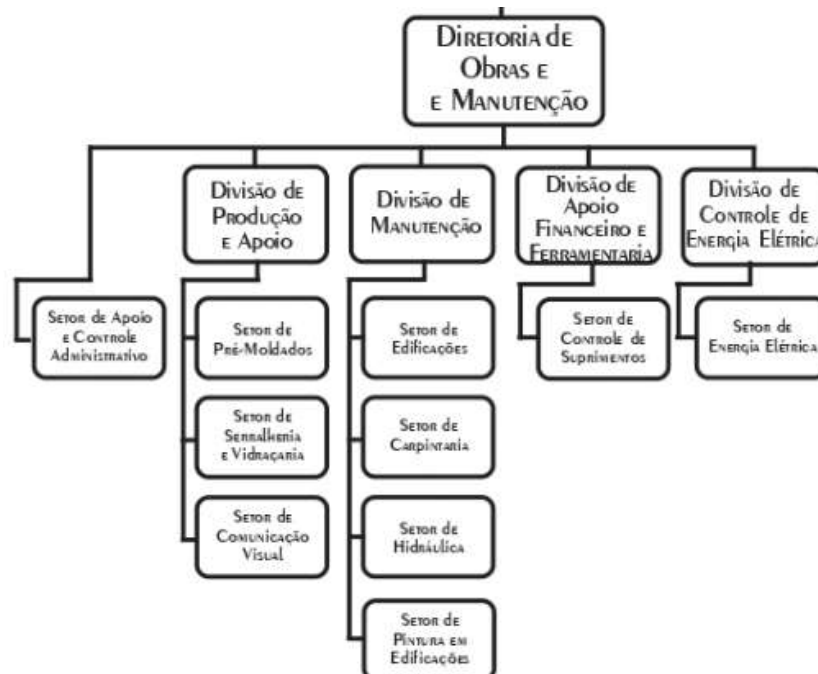
Fonte: Adaptado da Resolução CA nº 013/2018 (UEL, 2018c).

Com foco na manutenção de edificações, das atribuições estabelecidas no Regimento da Reitoria (UEL, 2018b) para a Diretoria de Obras e Manutenção (DOM), destacam-se os seguintes incisos do Art. 60:

- III. Executar serviços de levantamento e análise sistemática das condições de obsolescência dos edifícios, instalações hidráulicas, elétricas e outras;
- IV. Elaborar programas de manutenção preventiva e corretiva do patrimônio imobiliário da Universidade, definindo critérios técnicos de manutenção e elaborando os manuais de normas, procedimentos e rotinas necessários;
- V. Elaborar a estratégia de implantação de programas de manutenção e reparos no patrimônio imobiliário da Universidade, visando a otimização de desempenho e recursos;
- VI. Manter controle e arquivos de todos os trabalhos efetuados;
- VIII. Elaborar orçamentos referentes a projetos de obras, reformas e serviços de sua competência;
- XII. Implantar e manter atualizado um sistema de controle centralizado do patrimônio imobiliário da Universidade;
- XVI. Executar serviços de manutenção de prédios, de instalações, redes e outros elementos de infraestrutura.

A DOM é estruturada hierarquicamente em quatro divisões, como pode ser observado na Figura 27. Por sua vez, as divisões são compostas por setores. Pela diretoria responde um gestor com cargo de Diretor, as divisões estão a cargo dos Chefes de Divisão e os setores por conta dos Encarregados de Seção. Nos setores, estão alocados a maioria dos técnicos, oficiais e auxiliares de manutenção.

Figura 27 – Organograma da Diretoria de Obras e Manutenção da Prefeitura do *Campus* Universitário da UEL

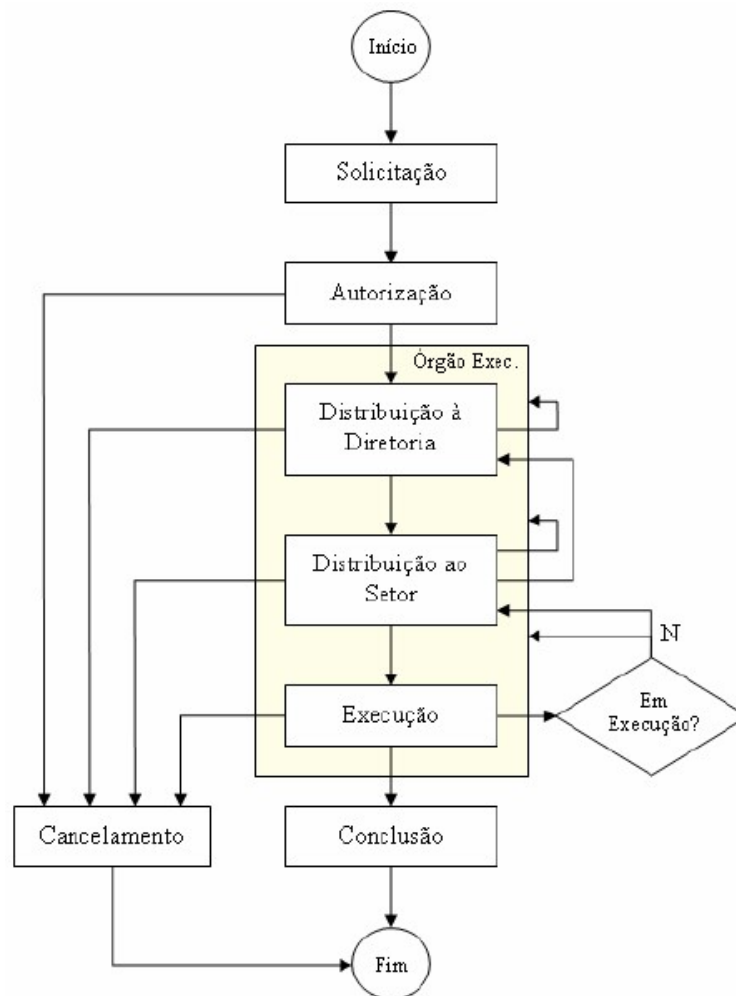


Fonte: Adaptado da Resolução CA nº 013/2018 (UEL, 2018c).

Portanto, preliminarmente, foi possível identificar os três níveis hierárquicos gerenciais: estratégico, referido ao Prefeito do *Campus*; tático, representado pelo Diretor da DOM; e o operacional, retratado pelos quatro Chefes de Divisão.

A gestão dos processos e informações do SGM de edificações da unidade de análise está baseada, principalmente, em um aplicativo próprio denominado Sistema de Controle de Manutenção (SCM) desenvolvido pela UEL. O SCM controla o processo de execução e as informações das atividades de manutenção de edificações, como apresentado na Figura 28.

Figura 28 – Fluxograma do sistema de gestão de processos e informações da manutenção de edificações do *campus* da UEL



Fonte: SCM da UEL (2016).

O SCM possui dois fluxos, que são:

i) o fluxo normal:

1 - O usuário, com perfil de solicitante, cadastra a solicitação de serviço (SS) dentre uma listagem pré-definida de serviços;

2 - A SS é encaminhada para a autorização do responsável do órgão com perfil de autorizador, que pode autorizá-la ou cancelá-la;

3 - Após a autorização, a SS passa ao usuário do órgão executante com perfil de distribuidor, o qual a avalia e a distribui para a Diretoria que presta o tipo de serviço solicitado;

4 - Na sequência, a SS é avaliada pelo usuário com perfil de Diretor executante, que fará a distribuição ao setor que será responsável pela execução do serviço;

5 - Nesse ponto, a SS fica disponível ao usuário com perfil de executante, que registra as informações sobre a execução do serviço, desde o início da mesma até a sua conclusão;

ii) o fluxo alternativo:

- Conforme o serviço a ser prestado em uma SS, poderá ser necessário emitir uma outra solicitação derivada da primeira. Esse tipo de SS, chamado de subsolicitação, é uma solicitação gerada na qual serão requisitados os serviços complementares necessários à execução da SS principal. Uma subsolicitação só pode ser emitida pela Diretoria executante da SS principal;

- Uma SS ou subsolicitação pode ser cancelada, caso não seja mais necessária para a sua realização. O cancelamento deverá ser feito pelo usuário que estiver de posse da mesma, conforme sua situação e localização. A Tabela 3 mostra as situações da SS, quem efetua o cancelamento e em qual aplicação;

Tabela 3 – Situações das solicitações de serviço e ações dos usuários de posse

Situação	Efetua o cancelamento	Aplicação
Aguardando autorização	Autorizador	Autorização de Solicitação
Aguardando distribuição à Diretoria	Distribuidor	Distribuição à Diretoria
Aguardando distribuição ao Setor	Diretor	Distribuição ao Setor
Aguardando a execução	Executante, Diretor	Execução de Solicitação

Fonte: Manual do usuário do SCM da UEL (2016).

É possível cancelar a SS em qualquer situação, exceto, obviamente, após ser concluída. O motivo do cancelamento deve ser informado;

- Quando desejar, um usuário poderá consultar as SSs de seu domínio, permitindo assim obter informações como a situação atual, histórico, manutenção realizada, dados de cancelamento etc.;

- Conforme necessário, diversos tipos de relatórios analíticos ou estatísticos poderão ser emitidos.

Nesse sistema, a mesma SS cadastrada inicialmente tramita por todos os processos da manutenção, até a sua finalização. Portanto, não são geradas ordens de trabalho (OT), desmembradas das SSs.

Os trabalhos relacionados à manutenção de edificações, tanto os operacionais (trabalhos diretos da manutenção) quanto os administrativos (trabalhos indiretos da manutenção), são desempenhados, atualmente, por 68 funcionários internos (estatutários). Os funcionários internos, diretos e indiretos, estão distribuídos na DOM conforme apresentado na Tabela 4. Há, também, trabalhos operacionais executados por contratação de serviços terceirizados, que incluem a mão de obra, materiais e componentes de construção de consumo, aluguel de equipamentos e ferramentas. Esses trabalhos terceirizados são, em geral, contratados pelo Setor de Apoio e Controle Administrativo da DOM.

Tabela 4 – Mapa de funcionários alocados na Diretoria de Obras e Manutenção

Divisão	Setor	Função							Total
		Auxiliar Administrativo	Auxiliar Operacional	Oficial de Manutenção	Técnico de Manutenção	Agente Universitário	Assessor Especial		
	Apoio e controle administrativo	2							2
Manutenção	Edificações		3	7					10
	Pintura		5	1					6
	Hidráulica		4	3					7
	Carpintaria		3	7					10
	Engenharia e Arquitetura					5	3		8
Produção e apoio	Pré-moldados		5	3					8
	Comunicação visual		3		1				4
	Operação de máquinas pesadas				1				1
Controle de energia elétrica	Eletricidade		3		6				9
Almoxarifado e ferramentaria	Almoxarifado				1	1			2
	Ferramentaria			1					1
Total									68

Fonte: O autor (2021).

Com esses dados, foi possível calcular o indicador que expressa a disponibilidade de funcionários internos, diretos e indiretos da PCU em relação ao tamanho do portfólio de edificações (1.000 m² de área construída) do *campus* da UEL, que resultou igual a 0,28 funcionário/1.000 m².

Vale ressaltar que, na DOM, o planejamento e a programação das atividades de manutenção são realizados no nível dos Setores, como relatado por Fujita (2015):

Após a solicitação chegar ao setor responsável é avaliada a sua necessidade e colocada na programação da execução dos serviços. Assim a gestão da ordem de realização efetiva das manutenções é feita pelos setores executantes, de acordo com a solicitação do requisitante.

Tendo em vista que o SGM e o SCM operam para o atendimento às SSs demandadas pelos usuários, após a ocorrência das falhas construtivas nas edificações, pode-se afirmar que o tipo de manutenção implementada na PCU é a corretiva de emergência e a corretiva diferida, considerando a classificação de Chanter e Swallow (2007).

Quanto ao orçamento para a manutenção de edificações, na UEL é classificado como despesas correntes de aplicação direta. Os recursos são distribuídos por meio dos créditos orçamentários de despesas de manutenção da estrutura física, liberados trimestralmente às unidades orçamentárias²⁶ para a execução dos serviços pela PCU. A distribuição dos créditos é disciplinada na Resolução CA nº 004/2017 (UEL, 2017), que estabelece o orçamento básico de manutenção (OBM) ponderado pela área construída e o impacto do uso e da idade da edificação.

Fujita (2015) investigou o custo total da manutenção de edificações praticados pela PCU no ano fiscal de 2014. Os dados levantados estão apresentados na Tabela 5, que se referem aos custos com os funcionários internos, diretos e indiretos, e os serviços terceirizados, bem como todos os custos com os materiais e componentes de construção consumidos e as ferramentas e equipamentos adquiridos.

²⁶ As unidades orçamentárias da UEL são a Reitoria, Órgãos de Apoio, Órgãos Suplementares e Centros de Estudos.

Tabela 5 – Custo da manutenção de edificações praticado pela PCU no ano fiscal de 2014

Elemento de custo	Custo (R\$)	Participação (%)
Funcionários internos, diretos e indiretos	2.084.596,92	63,41
Materiais, ferramentas e equipamentos	363.251,20	11,05
Serviços de terceiros	839.532,88	25,54
Custo total da manutenção	3.287.381,00	100,00

Fonte: Adaptado de Fujita (2015).

No ano de 2014, Fujita (2015) também levantou outros dados da UEL de interesse para o cálculo de IDs da manutenção de edificações praticada pela PCU, que estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Características do portfólio de edificações do *campus* da UEL da mão de obra interna de manutenção da PCU para o ano de 2014

Medida	Valor
Quantidade de funcionários internos, diretos e indiretos da manutenção alocados na PCU	103
Área construída do <i>campus</i>	228.258,32 m ²
Quantidade de alunos da graduação e pós	18.817
Valor de substituição médio das edificações	R\$ 1.805,30/m ²

Fonte: Adaptado de Fujita (2015).

Assim, foi possível calcular alguns IDs da manutenção de edificações do *campus* da UEL referentes ao ano de 2014, conforme apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Indicadores do desempenho da manutenção da PCU para o ano de 2014

Indicador de desempenho	Valor
Disponibilidade de funcionários internos, diretos e indiretos da manutenção da PCU por 1.000 m ² de área construída	0,45 funcionário/1000 m ²
Índice do custo total da manutenção por valor de todas as edificações	0,80%

Fonte: Fujita (2015).

Cabe destacar, por meio da análise dos IDs calculados, que a disponibilidade de funcionários internos por área construída decresceu do ano de 2014 para 2021, passando de 0,45 para 0,28 funcionário/1.000 m². Isso mostra a redução significativa na força de trabalho interna da manutenção em aproximadamente 38% em sete anos. Levando em conta que o tipo de manutenção de edificações praticada na UEL é a corretiva, com predominância da utilização de mão de obra própria, a redução da força de trabalho implica na degradação acelerada das edificações e o aumento da indisponibilidade de edificações em condições satisfatórias aos usuários em curto prazo. Ademais, a inversão de recursos financeiros já era insuficiente no ano de 2014. O índice do custo total da manutenção por valor de todas as edificações, obtido igual a 0,80%, era muito inferior ao necessário indicado na literatura, entre 1,5% a 4%.

Para a avaliação da facilidade do uso do sistema de IDs proposto pelo pesquisador, do portfólio de edificações do *campus* da UEL adotou-se uma amostra casual (não probabilística) de edifícios utilizando-se o critério da conveniência definido por Flick (2009). A adoção da amostra casual foi necessária em função da quantidade elevada de edificações existentes no *campus* que levaria a uma grande massa de dados coletados na pesquisa documental e no levantamento de campo.

Para tanto, escolheu-se o Centro de Tecnologia e Urbanismo (CTU), cujo portfólio é composto por edifícios destinados às salas de aula/salas administrativas e laboratórios de ensino e pesquisa. Desse portfólio, foram selecionadas a Central de Salas de Aula e o Laboratório de Materiais de Construção (LABMAT), que estão discretizados no Quadro 22.

Quadro 22 – Características das edificações do CTU/UEL selecionadas para o estudo

Identificação	Idade (ano)	Altura (pav.)	Última intervenção realizada (ano)	Área construída (m²)
Central de Salas de Aula	30	3	2008	5.762,60
LABMAT	27	térreo	2015	420,00

Fonte: O autor (2021).

A edificação principal do CTU/UEL foi construída com emprego do sistema convencional, como se pode observar na fachada ilustrada na Figura 29.

Figura 29 – Fachada norte da Central de Salas de Aula do CTU/UEL



Fonte: O autor (2021).

O sistema construtivo convencional caracteriza-se por: estrutura em concreto armado moldado *in loco*; alvenarias de vedação com blocos cerâmicos; revestimentos de paredes e tetos argamassados; cobertura com telhas onduladas de fibrocimento; pisos com tacos de madeira (salas de aula, administrativas e de permanência) e granilite nos demais locais; esquadrias metálicas (aço) com vidros *float* transparente; pintura acrílica sobre revestimentos argamassados e esmalte sintético sobre metais; instalações elétricas aparentes; instalações hidrossanitárias embutidas.

O LABMAT do CTU/UEL foi construído com emprego do sistema construtivo misto. A sua fachada leste está ilustrada na Figura 30.

Figura 30 – Fachada leste do Laboratório de Materiais de Construção do CTU/UEL



Fonte: O autor (2020).

O sistema construtivo do LABMAT caracteriza-se por: estrutura pré-fabricada de concreto armado; alvenarias de vedação com blocos cerâmicos; revestimentos de paredes e tetos argamassados; cobertura com telhas onduladas de fibrocimento; pisos cimentados e granilite nos demais locais; esquadrias metálicas (aço) com vidros *float* transparente; pintura acrílica sobre revestimentos argamassados e esmalte sintético sobre metais; instalações elétricas aparentes; instalações hidrossanitárias embutidas.

5.2 A CONCEPÇÃO DA ARQUITETURA DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO

Diante das contribuições teóricas da seção 3.10 retro, a arquitetura do sistema de IDs foi concebida para a medição do desempenho da gestão da manutenção de edificações com o propósito de: (i) interligar os esforços ou processos básicos e os resultados da manutenção de edificações; (ii) interligar os níveis hierárquicos gerenciais; e (iii) abranger as dimensões dos IDs.

O alcance desse escopo está apresentado e discutido a seguir.

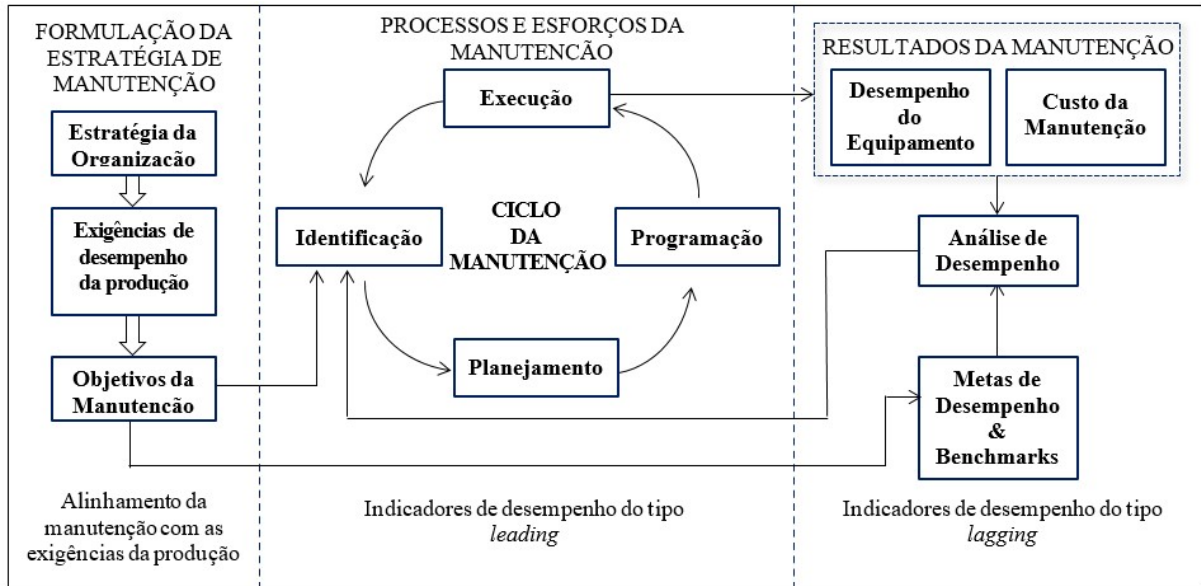
5.2.1 A Interligação dos Esforços ou Processos Básicos e os Resultados da Manutenção de Edificações

Muchiri *et al.* (2011) propõem, como exposto na Figura 31, o quadro conceitual para a medição do desempenho da função manutenção na indústria da manufatura. Nesse quadro, os processos-chave do sistema de manutenção são os fatores críticos em direção à contribuição para o sucesso da produção e do negócio.

O quadro está dividido em três partes integradas, identificados por: (i) a formulação do tipo de manutenção; (ii) os processos e esforços da manutenção; e (iii) os resultados da manutenção.

A primeira parte trata de alinhar os objetivos da função manutenção com as estratégias corporativas e de produção. Os objetivos derivam das exigências de desempenho da produção, enquanto as exigências são definidas em função da estratégia da organização. Os objetivos da função manutenção, por sua vez, permitem estabelecer as metas e os *benchmarks* de desempenho contra quais os resultados da manutenção são comparados.

Figura 31 - Quadro conceitual da medição do desempenho da função manutenção na indústria manufatureira



Fonte: Muchiri *et al.* (2011).

A parte intermediária do quadro é composta por quatro processos básicos do ciclo da manutenção, que são:

- A identificação das atividades de manutenção. Tendo em vista os objetivos da manutenção, nesse processo as ações realizadas são de identificação das atividades de manutenção a serem executadas pelas equipes de manutenção;
- O planejamento das atividades de manutenção. São determinados os recursos e os procedimentos necessários às atividades de manutenção identificadas;
- A programação das atividades de manutenção. É avaliada a disponibilidade de todos os recursos necessários às atividades de manutenção, assim como o prazo para executá-las, levando em conta, ainda, o impacto destas atividades de manutenção na produção e;
- A execução das atividades de manutenção. São executadas, pelas equipes de manutenção, as atividades programadas dentro do tempo alocado e com o uso adequado dos recursos disponibilizados.

Completado o ciclo da manutenção, os resultados da manutenção são analisados na terceira parte do quadro conceitual da Figura 31. Na função manutenção na indústria da manufatura, os resultados são medidos em termos de desempenho dos equipamentos e dos custos da manutenção. A análise de desempenho da manutenção compreende o processo de comparação dos resultados obtidos com as metas estabelecidas, dados históricos, análise de tendências e a revisão dos custos da manutenção.

Muchiri *et al.* (2011) sugerem que para cada um dos processos e resultados apontados no quadro da Figura 31 sejam definidos IDs, constituindo-se os indicadores do tipo *leading* quando relacionados aos processos básicos do ciclo de manutenção e, os do tipo *lagging* quando associados aos resultados da manutenção ou dos eventos realizados.

O quadro conceitual proposto por Muchiri *et al.* (2011) contribui para o desenvolvimento do SMD da manutenção de edificações pretendido nesta tese, pois atende aos seguintes fundamentos discutidos na seção 3.10 retro, como:

- O direcionamento dos objetivos da função manutenção às metas estratégicas organizacionais;
- A abordagem da gestão por processos e a orientação para a melhoria contínua;
- A interligação, na medição do desempenho, dos esforços ou processos básicos do ciclo da manutenção (por meio dos *leading indicators*) e dos resultados da manutenção (por intermédio dos *lagging indicators*). A interligação se mostra entre os *leading* e os *lagging indicators*. Assim, enquanto os processos da manutenção estão em progresso é possível agir, se necessário, para atingir os resultados desejados pela organização;
- A medição dos processos básicos do ciclo da manutenção como expressão da eficiência da gestão da manutenção;
- A medição dos resultados da manutenção, quanto ao desempenho dos equipamentos e dos custos da manutenção, como expressão da eficácia da função manutenção no que diz respeito ao atendimento aos requisitos dos clientes.

Pelas razões expostas, foi adotado nesta tese a interligação da medição do desempenho dos processos básicos (IDs do tipo *leading*) e dos resultados (IDs do tipo *lagging*) da manutenção de edificações, seguindo o modelo proposto por Muchiri *et al.* (2011). Essa maneira de interligar os IDs também possibilitou estabelecer um elo entre os IDs que expressam as causas (*leading indicators*) e os IDs como os efeitos (*lagging indicators*) da manutenção predial.

Assumiu-se, nesta tese, o ciclo da manutenção de edificações composto por três processos básicos: (i) a identificação; (ii) o planejamento e a programação; e (iii) a execução das atividades de manutenção. As ações realizadas em cada um dos processos básicos da manutenção de edificações equivalem às identificadas por Muchiri *et al.* (2011) para a indústria da manufatura.

Com relação à identificação das atividades de manutenção, as ações realizadas nesse processo dizem respeito aos dois principais tipos de manutenção predial distinguidas na ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012): a manutenção preventiva baseada na condição ou a programada; e a manutenção corretiva de emergência ou a diferida. No que se refere ao planejamento e a

programação, bem como a execução das atividades de manutenção, leva-se em conta que as ações são realizadas, sobretudo, com mão de obra própria, por funcionários públicos das IES.

Assumi-se, também, como resultados da manutenção de edificações: (a) o desempenho físico e funcional da edificação e suas partes, em conformidade com o conceito de desempenho estabelecido na ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2013); e (b) o custo das atividades da manutenção. Assim, é possível expressar a condição aceitável das edificações ao menor custo da manutenção (LAVY *et al.*, 2014).

5.2.2 A Interligação entre os Níveis Hierárquicos Gerenciais

Em geral, na medição do desempenho da manutenção, os IDs são formulados para diferentes níveis hierárquicos gerenciais, em que cada nível serve a determinados propósitos para gestores específicos (KUMAR *et al.*, 2013).

Além disso, o uso de IDs relacionados a diferentes níveis também ajuda a encontrar as causas para os problemas da manutenção. Se um ID mostra um problema, então o ID do nível mais baixo pode apontar para a causa desse problema (WIREMAN, 2005; GALAR *et al.*, 2011). Assim, estabelece-se uma interligação vertical na tomada de decisão.

Da revisão da literatura sobre a medição de desempenho da função manutenção na indústria manufatureira, constatou-se que, em geral, os principais autores recomendam relacionar os níveis dos IDs à hierarquia gerencial, em estratégico, tático e operacional (ARTS; KNAPP; MANN, 1998; PARIDA, 2006; GALAR *et al.*, 2011; KUMAR *et al.*, 2013).

Por essa razão, neste trabalho de tese assumiu-se os IDs relacionados aos três níveis hierárquicos gerenciais da gestão da manutenção de edificações, tomando-se, ainda, como referência a ABNT NBR ISO 41011 (ABNT, 2019a), como:

a) O nível estratégico, que está associado à definição dos objetivos e políticas, do planejamento e avaliação para alcançar resultados. No SGM de edificações das IES públicas, corresponde à função do Prefeito do Campus Universitário;

b) O nível tático, em que se planeja e gerencia os mecanismos e recursos específicos para a entrega operacional de serviços. No SGM dos *campi* universitários, corresponde à função do gestor intermediário, por exemplo, o Diretor de Obras e Manutenção;

c) O nível operacional, que gerencia as atividades realizadas de forma rotineira. No SGM dos *campi* universitários, corresponde à função dos Chefes de Divisão, incluindo-se as seções existentes em cada uma das Divisões.

Wireman (2005) defende que a seleção dos IDs para compor o sistema de medição de desempenho deve sempre partir do topo para baixo do nível hierárquico gerencial.

5.2.3 As Dimensões dos Indicadores de Desempenho da Manutenção

Os IDs devem ser classificados de maneira que sejam úteis a uma abordagem holística na medição do desempenho e que também possam servir para medir qualquer fator da manutenção (LAVY; GARCIA; DIXIT, 2010).

Para esse fim, adotou-se a classificação dos IDs da manutenção de edificações conforme estabelecida na norma técnica europeia EN 15341 (BSI, 2019), em virtude dessa norma retratar o estado da arte²⁷ da medição do desempenho da função manutenção na indústria manufatureira. A opção parece estar correta, pois no âmbito da FM a revisão da literatura realizada por Lavy, Garcia e Dixit (2010) apontou para categorização semelhante dos IDs em: financeiros; físicos; e funcionais.

Nesta tese, os IDs foram, então, agrupados em:

a) Dimensão econômica. Os IDs econômicos são formados por medidas que expressam o custo ou valor na manutenção (por exemplo, custo total da manutenção, custo do pessoal interno da manutenção, valor de reposição dos ativos). Essencialmente, são IDs do tipo *lagging* e, portanto, são melhores para medir a consequência das decisões de ontem. Os IDs econômicos podem, ainda, ser utilizados para a realização de *benchmarking*;

b) Dimensão técnica. Os IDs técnicos são formados por medidas que expressam, fundamentalmente, o tempo (por exemplo, tempo total de operação, tempo de disponibilidade, tempo de indisponibilidade, tempo de calendário) e os eventos (por exemplo, número de falhas, número de ordens de trabalho) na manutenção. São os IDs do tipo *leading*, que monitoram e controlam os processos da manutenção em andamento e, portanto, são melhores para prever o desempenho de amanhã.

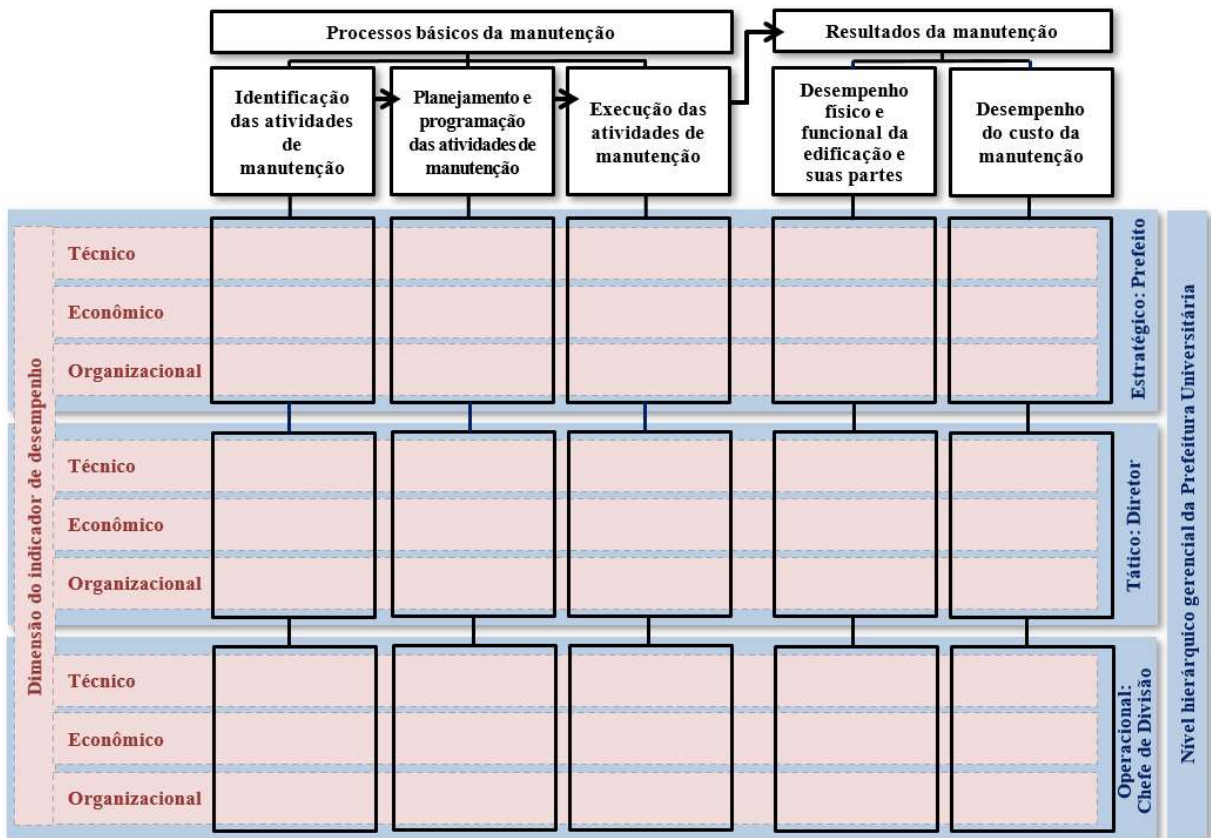
²⁷ A norma técnica europeia EN 15341 (BSI, 2019) foi inicialmente elaborada pelo grupo de trabalho WG6. O grupo, vinculado ao Technical Committee 319 do Comitê Europeu de Normalização (CEN), trabalhou no período entre setembro de 2003 até fevereiro de 2007, o que culminou com a publicação da primeira versão em março de 2007. De acordo com o Maintenance Benchmarking Committee (EFNMS, 2009), o WG6 contou com a contribuição dos maiores especialistas europeus em gestão da função manutenção, que tinham por objetivo estabelecer um sistema e uma arquitetura de IDs capazes de formar uma base comum para medir o desempenho da função manutenção de maneira compartilhada e significativa numa escala internacional. Para tanto, o WG6 levantou os IDs disponíveis em literatura e nas experiências de empresas industriais multinacionais.

c) Dimensão organizacional. Os IDs organizacionais são formados por medidas que refletem o esforço humano na manutenção, expresso em número de funcionários ou homens-hora (por exemplo, número de funcionários internos, número total de funcionários, homem-hora total disponível, homem-hora para a manutenção corretiva). São os IDs do tipo *leading*, que também monitoram e controlam os processos da manutenção em progresso.

5.2.4 O *Framework* Concebido para a Medição do Desempenho

A arquitetura do sistema de IDs foi, então, concebida para a medição interligada do desempenho dos processos básicos e os resultados da manutenção de edificações, bem como os níveis hierárquicos gerenciais (estratégico, tático e operacional), além de abranger as dimensões dos IDs (técnico, econômico e organizacional), o que resultou no *framework* apresentado na Figura 32. Nesse *framework*, cada caixa (com borda na cor preto) representa um conjunto de IDs interligados para medir o desempenho da gestão da manutenção de edificações públicas.

Figura 32 - *Framework* para a medição interligada do desempenho da gestão da manutenção de edificações públicas



Fonte: O autor (2021).

Assim, a arquitetura do sistema de IDs foi projetada em três planos:

a) O plano para a medição interligada dos processos básicos e dos resultados da manutenção. No que diz respeito aos processos básicos, foram admitidos nesta tese para o ciclo da manutenção de edificações: (i) a identificação; (ii) o planejamento e a programação; e (iii) a execução das atividades de manutenção de edificações. Quanto aos resultados da manutenção de edificações, os IDs foram agrupados em duas vertentes: o desempenho físico e funcional das edificações e suas partes seguindo os conceitos da ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2013); e os custos das atividades da manutenção;

b) O plano que envolve os tomadores de decisão na medição interligada dos três níveis hierárquicos gerenciais da gestão da manutenção de edificações: estratégico; tático; e operacional;

c) O plano que abrange a medição holística das dimensões econômicas, técnicas ou organizacionais do IDs da gestão da manutenção.

Esses planos indicam onde e como intervir em busca dos resultados exigidos para a gestão da manutenção de edificações públicas.

Para o preenchimento das caixas do *framework* da Figura 32, foram identificados e selecionados os IDs, cujos resultados estão apresentados e discutidos na próxima seção.

5.3 A IDENTIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

Na literatura técnica e científica da prática da medição do desempenho, os IDs foram buscados no âmbito da gestão da função manutenção na indústria de manufatura e, na sequência, na gestão da manutenção de edificações e no domínio de FM.

Os IDs associados à função manutenção na indústria da manufatura levantados foram: os IDs estabelecidos na norma técnica europeia EN 15341 (BSI, 2019); os IDs relatados ou propostos por pesquisadores em artigos indexados ou pelos principais autores em publicações reconhecidas; e os IDs adotados em *softwares* especializados.

Os IDs estabelecidos na EN 15341 (BSI, 2019) são recomendados pelos principais autores que tratam da gestão da função manutenção. Esses IDs também podem dar suporte para a gestão da manutenção predial (ROCHA; RODRIGUES, 2017). Por essas razões, foram analisados neste trabalho de tese.

Com foco na medição do desempenho da função manutenção de edificações, os IDs levantados na literatura foram: os IDs estabelecidos em normas técnicas; os IDs relatados ou propostos pelos principais pesquisadores ou autores; os IDs associados às práticas da manutenção

predial em organizações públicas; os IDs relacionados às práticas em *facility management*; e os IDs adotados em *softwares* especializados.

As fontes de consulta estão elencadas no Quadro 23, que continham, a princípio, mais de uma centena de IDs passíveis de aplicação na gestão da manutenção predial.

Quadro 23 – Fontes de consulta para a identificação dos indicadores de desempenho

Na manutenção da indústria da manufatura	Na manutenção de edificações	No domínio de <i>Facility management</i>
Coetzee (1997)	Almeida e Vidal (2001)	Antunes (2004)
Weber e Thomas (2005)	Chanter e Swallow (2007)	Ferreira (2005)
Wireman (2005)	Wood (2009)	Shohet (2006)
Parida (2006)	Lessa e Souza (2010)	Pati, Park e Augenbroe (2009)
Muchiri <i>et al.</i> (2011)	Raposo (2010)	The University of Queensland (2009)
Kumar <i>et al.</i> (2013)	EN 15331 (BSI, 2011)	Lavy, Garcia e Dixit (2010)
EN 15341 (BSI, 2019)	ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012)	Maurício (2011)
	Cabral (2013)	Queensland Government (2017b)
		APPA (2020)

Fonte: O autor (2021).

No contexto da indústria da manufatura, o levantamento da literatura possibilitou identificar os principais IDs praticados na medição de desempenho da função manutenção e, principalmente, em conhecer os meios e os modos para a medi-los. Observou-se, também, a relevância da aplicação da norma técnica europeia EN 15341 (BSI, 2019) pelo fato de conter o estado da arte da medição do desempenho da função manutenção.

No contexto da manutenção de edificações, a investigação da literatura reafirmou a prática da medição, de maneira isolada, do desempenho da manutenção. Além disso, foi possível observar:

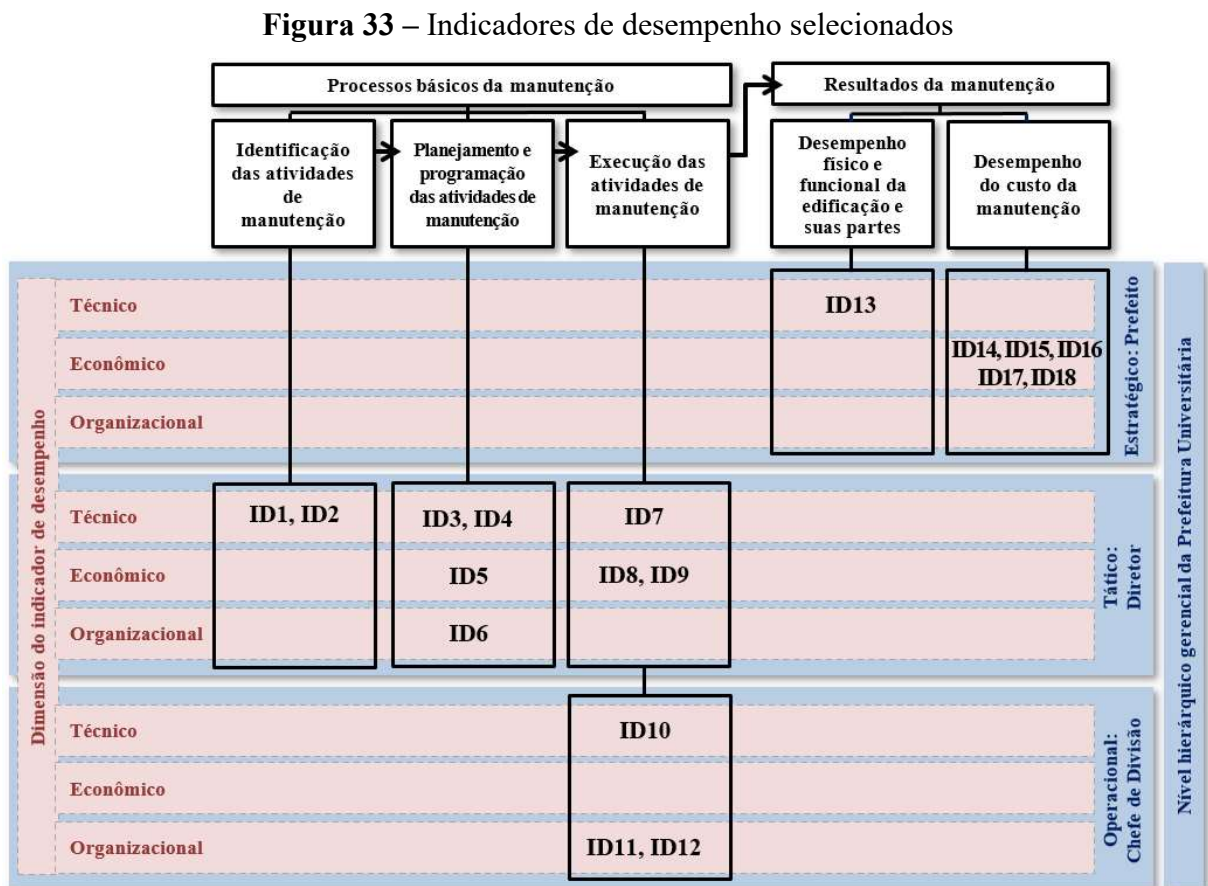
- A utilização dos IDs majoritariamente originados no contexto da indústria da manufatura, empregando-se, também, os IDs estabelecidos na norma técnica europeia EN 15341 (BSI, 2019).

- A ênfase na utilização dos IDs relacionados aos resultados da manutenção de edificações, em termos do desempenho físico e funcional das edificações e do desempenho do custo da manutenção. Portanto, direcionados para o nível estratégico das organizações;

- Quando relacionados aos processos básicos do ciclo da manutenção, a utilização dos IDs restringe-se, mais, à medição do desempenho da manutenção dos sistemas prediais, como os sistemas mecânicos (elevadores, escadas rolantes), AVAC, elétrico (iluminação) e hidrossanitário.

5.4 A SELEÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO E A VERSÃO INICIAL DO SISTEMA

Em face da arquitetura do artefato concebido para a medição interligada do desempenho da gestão da manutenção de edificações e perante a lista de IDs identificados, foram selecionados 18 IDs, como codificados no *framework* da Figura 33.



Fonte: O autor (2021).

Os IDs codificados selecionados estão definidos operacionalmente nos Quadros 24 até Quadro 41, com a intenção de justificar a escolha e tornar possível a coleta dos dados precisos na organização para produzir IDs consistentes e confiáveis.

Quadro 24 – Participação das ordens de trabalho da manutenção preventiva (ID1)

Termo	Descrição
Designação	ID1
Categoria	Indicador do processo de identificação das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor tático: Diretor de Obras e Manutenção.
Dimensão	Indicador técnico.
Denominação	Participação do número de ordens de trabalho da manutenção preventiva (MP) geradas por inspeção predial ou plano de manutenção das edificações em relação ao total de ordens de trabalho emitidas.
Fórmula	$= \frac{\text{Nº de ordens de trabalho da manutenção preventiva (MP)}}{\text{Nº total de ordens de trabalho emitidas}} \times 100$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Quantidade de ordens de trabalho (OT) emitidas e classificadas como manutenção preventiva (MP) por serem geradas das inspeções prediais realizadas nas edificações (manutenção preventiva baseada na condição) ou de acordo com as atividades de manutenção especificadas nos planos de manutenção das edificações (manutenção preventiva programada); - Quantidade total de OTs emitidas.
Justificativa para a medição	Medir a capacidade de implementação do tipo preventivo no sistema de gestão da manutenção (SGM) de edificações da Prefeitura Universitária. Medir a participação do tipo preventivo no SGM de edificações da Prefeitura Universitária. Baseado em: Almeida e Vidal (2001), Parida (2006), Chanter e Swallow (2007), Muchiri <i>et al.</i> (2011) e Kumar <i>et al.</i> (2013).
Relações de causa e efeito	A maior participação das atividades de manutenção preventiva leva à maior disponibilidade da edificação e suas partes em condições satisfatórias aos usuários, à maior eficiência no uso de recursos humanos (Homens-hora) disponíveis e à redução do custo total da manutenção.
Periodicidade da coleta de dados	Mensal.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 25 – Participação das ordens de trabalho da manutenção corretiva (ID2)

Termo	Descrição
Designação	ID2
Categoria	Indicador do processo de identificação das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor tático: Diretor de Obras e Manutenção.
Dimensão	Indicador técnico.
Denominação	Participação do número de ordens de trabalho da manutenção corretiva (MC) de emergência ou diferida em relação ao total de ordens de trabalho emitidas

Continua ...

... Continuação.

Termo	Descrição
Fórmula	$= \frac{\text{N}^\circ \text{ de ordens de trabalho da manutenção corretiva (MC)}}{\text{N}^\circ \text{ total de ordens de trabalho emitidas}} \times 100$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Quantidade de Ordens de Trabalho (OT) emitidas e classificadas como manutenção corretiva (MC) por serem geradas das SSs recebidas para atendimento de emergência (manutenção corretiva de emergência) ou que podem ser postergadas (manutenção corretiva diferida); - Ver ID1.
Justificativa para a medição	Medir a participação do tipo corretivo no SGM de edificações da Prefeitura Universitária. Baseado em: Almeida e Vidal (2001), Parida (2006), Muchiri <i>et al.</i> (2011) e Kumar <i>et al.</i> (2013).
Relações de causa e efeito	A maior participação das atividades de manutenção corretiva, principalmente de emergência, tende à menor eficiência no uso de recursos humanos (Homens-hora) disponíveis e ao aumento do custo total da manutenção.
Periodicidade da coleta de dados	Mensal.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 26 – Capacidade de resposta do planejamento e programação (ID3)

Termo	Descrição
Designação	ID3
Categoria	Indicador do processo de planejamento e programação das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor tático: Diretor de Obras e Manutenção.
Dimensão	Indicador técnico.
Denominação	Capacidade de resposta do planejamento e programação das atividades de manutenção.
Fórmula	$= \frac{\text{N}^\circ \text{ de ordens de trabalho planejadas e programadas em menos de 5 dias}}{\text{N}^\circ \text{ total de ordens de trabalho emitidas}} \times 100$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Quantidade de OTs que foram planejadas e programadas em menos de 5 dias; - Ver ID1.
Justificativa para a medição	Medir a capacidade de atendimento do SGM da Prefeitura Universitária à demanda de SSs dos usuários (manutenção corretiva de emergência). O <i>status</i> da SS deve ser informado ao usuário. Baseado em: <i>The University of Queensland</i> (2009), <i>Queensland Government</i> (2017b), Muchiri <i>et al.</i> (2011), Maurício (2011) e ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012).

Continua ...

... Continuação.

Termo	Descrição
Relações de causa e efeito	A baixa capacidade de atendimento à SS dos usuários gera atraso na execução das atividades de manutenção corretiva (de emergência ou diferida) necessárias para recuperar o desempenho físico e funcional da edificação. Tendo em vista que a falha construtiva ocorreu, o atraso na execução das atividades de manutenção acarreta a elevação da degradação da edificação, a piora das condições físicas e funcionais e o acréscimo no custo total da manutenção.
Periodicidade da coleta de dados	Mensal.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 27 – Qualidade do planejamento e programação (ID4)

Termo	Descrição
Designação	ID4
Categoria	Indicador do processo de planejamento e programação das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor tático: Diretor de Obras e Manutenção.
Dimensão	Indicador técnico.
Denominação	Qualidade do planejamento e programação das atividades de manutenção
Fórmula	$= \frac{\text{Nº de ordens de trabalho executadas conforme planejado e programado}}{\text{Nº total de ordens de trabalho emitidas}} \times 100$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	<ul style="list-style-type: none"> - Quantidade de OTs tecnicamente executadas em tempo igual ou inferior ao tempo estimado, conforme foram planejadas e programadas; - Ver ID1.
Justificativa para a medição	<p>Medir a qualidade do processo de planejamento e programação das atividades de manutenção do SGM da Prefeitura Universitária.</p> <p>Baseado em: Almeida e Vidal (2001), Muchiri <i>et al.</i> (2011), ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012), Kumar <i>et al.</i> (2013) e EN 15341 (BSI, 2019).</p>
Relações de causa e efeito	<p>A baixa qualidade de planejamento e programação pode estar associada à escassez de métodos, técnicas e ferramentas para a gestão da manutenção.</p> <p>A baixa qualidade de planejamento e programação gera atraso na execução das atividades de manutenção, com piora nas condições físicas e funcionais das edificações e a elevação do custo total da manutenção.</p>
Periodicidade da coleta de dados	Mensal.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 28 – Perfil da mão de obra para a manutenção (ID5)

Termo	Descrição
Designação	ID5
Categoria	Indicador do processo de planejamento e programação das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor tático: Diretor de Obras e Manutenção.
Dimensão	Indicador econômico.
Denominação	Perfil da mão de obra para a manutenção (<i>manpower sources diagram</i>).
Fórmula	$MSD = \frac{\text{Custo total da manutenção com funcionários internos}}{\text{Custo total da manutenção com serviços de terceiros}} \times 100$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	<p>- Custo total estimado das OTs que foram planejadas e programadas para serem executadas com os funcionários internos diretos;</p> <p>Nota 1: O custo total inclui: os salários e horas extras do pessoal da manutenção interna direta; os materiais e componentes de construção e de consumo; a locação de equipamentos e ferramentas;</p> <p>- Custo total estimado das OTs que foram planejadas e programadas para serem executadas por terceiros (externo). Corresponde à soma dos empenhos a serem emitidos para o pagamento dos serviços de terceiros.</p>
Justificativa para a medição	<p>Medir a abrangência das fontes interna ou externa de mão de obra para a manutenção de edificações, por meio do custo estimado das atividades de manutenção que foram planejadas e programadas.</p> <p>O indicador reflete a falta de mão de obra interna ou a falta de recursos financeiros, além de permitir expressar a predominância da manutenção corretiva de emergência, quando também se leva em conta os indicadores relacionados à execução das atividades de manutenção.</p> <p>Baseado em: Shohet (2006), Pati, Park e Augenbroe (2009) e Lavy, Garcia e Dixit (2010).</p>
Relações de causa e efeito	<p>Na falta de mão de obra interna, no processo do planejamento e programação a escolha pela terceirização pode ser uma fonte de mão de obra (externa) ou de serviços para a execução das atividades de manutenção necessárias ou sazonais. Nesse caso, o perfil da mão de obra expressa o aumento da utilização de terceiros (externa), com diminuição do valor calculado para MSD.</p> <p>Por outro lado, na escassez de recursos financeiros, no processo do planejamento e programação a escolha recai, em geral, na utilização de mão de obra própria (interna) para a execução das atividades de manutenção corretiva de emergência. Nesse caso, o aumento de MSD expressa o aumento da utilização de mão de obra interna.</p>
Periodicidade da coleta de dados	<p>Mensal.</p> <p>Pode haver menor disponibilidade de recursos no segundo semestre.</p>
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 29 – Participação do número de funcionários internos indiretos da manutenção (ID6)

Termo	Descrição
Designação	ID6
Categoria	Indicador do processo de planejamento e programação das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor tático: Diretor de Obras e Manutenção.
Dimensão	Indicador organizacional.
Denominação	Participação do número de funcionários internos indiretos da manutenção em relação ao total de funcionários internos para a manutenção.
Fórmula	$= \frac{\text{N}^\circ \text{ de funcionários internos indiretos da manutenção}}{\text{N}^\circ \text{ total de funcionários da manutenção}} \times 100$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	<p>- Quantidade de funcionários internos indiretos da manutenção alocados na Diretoria de Obras e Manutenção da Prefeitura Universitária;</p> <p>Nota 1: Funcionários internos são os servidores públicos (próprios) alocados na Prefeitura Universitária;</p> <p>Nota 2: Funcionários indiretos da manutenção: direção, engenheiros, arquitetos, planejadores, programadores, secretaria, almoxarifado;</p> <p>- Quantidade de funcionários internos, diretos e indiretos, da manutenção, alocados na Diretoria de Obras e Manutenção da Prefeitura Universitária;</p> <p>Nota 3: Funcionários diretos da manutenção: ajudantes, pedreiros, armadores, carpinteiros, pintores, encanadores, eletricitistas, serralheiros.</p>
Justificativa para a medição	<p>Medir o tamanho da equipe de planejamento e programação das atividades de manutenção corretiva e preventiva.</p> <p>O indicador reflete a disponibilidade de funcionários internos para planejar e programar as atividades de manutenção.</p> <p>Baseado em: EN 15341 (BSI, 2019).</p>
Relações de causa e efeito	<p>A baixa capacidade de planejar e programar está, em geral, associada à escassez de funcionários internos indiretos da manutenção.</p> <p>A capacidade de planejamento e programação gera atraso na execução das atividades de manutenção, com piora nas condições físicas e funcionais das edificações e a elevação do custo total da manutenção.</p>
Periodicidade da coleta de dados	Mensal.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 30 – Tamanho do *backlog* mensal (ID7)

Termo	Descrição
Designação	ID7
Categoria	Indicador do processo de execução das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor tático: Diretor de Obras e Manutenção.
Dimensão	Indicador técnico.
Denominação	Tamanho do <i>backlog</i>
Fórmula	$= \frac{\text{N}^\circ \text{ de ordens de trabalho atrasadas}}{\text{N}^\circ \text{ de ordens de trabalho emitidas}}$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Quantidade de OTs tecnicamente que não foram executadas no tempo planejado e programado; - Ver ID1.
Justificativa para a medição	Medir o tamanho do atraso na execução das atividades de manutenção. Medir a capacidade atual da força de trabalho (Hh) em atender as OTs que foram planejadas e programadas. Baseado em: Coetzee (1997), Wireman (2005) e Muchiri <i>et al.</i> (2011).
Relações de causa e efeito	O tamanho de <i>backlog</i> baixo expressa a ociosidade da força de trabalho. Por outro lado, o tamanho de <i>backlog</i> alto expressa a incapacidade da força de trabalho, apontando a necessidade de aumentar a quantidade de funcionários (internos) ou a contratação de terceiros (externos). Além disso, a quantidade de OTs não executadas obriga o replanejamento e a reprogramação das atividades de manutenção, consumindo a força de trabalho em homens-hora (Hh) para esse processo. A quantidade de OTs não executadas no tempo planejado e programado leva ao aumento da indisponibilidade da edificação. Além disso, eleva o nível de degradação da edificação e suas partes, com aumento da quantidade de atividades de manutenção corretiva de emergência executadas e o incremento no custo total da manutenção.
Periodicidade da coleta de dados	Mensal.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 31 – Participação do custo dos trabalhos de manutenção preventiva (MP) (ID8)

Termo	Descrição
Designação	ID8
Categoria	Indicador do processo de execução das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor operacional: Diretor.
Dimensão	Indicador econômico.
Denominação	Participação do custo das ordens de trabalho da manutenção preventiva (MP) em relação ao custo total da manutenção.
Fórmula	$= \frac{\text{Custo das ordens de trabalho da manutenção preventiva (MP)}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$

Continua ...

... Continuação.

Termo	Descrição
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Custo das OTs executadas e classificadas como manutenção preventiva (MP) por terem sido geradas das inspeções prediais realizadas nas edificações (manutenção preventiva baseada na condição) ou de acordo com as atividades de manutenção especificadas nos planos de manutenção das edificações (manutenção preventiva programada); - Custo total da manutenção das OTs executadas inclui: custo da mão de obra interna e externa, da manutenção direta e indireta, custo dos materiais e componentes de construção para a manutenção, de aluguel de equipamentos.
Justificativa para a medição	Medir a participação dos trabalhos de manutenção preventiva que foram executadas, por meio da análise do custo. O indicador reflete a capacidade das equipes em executar as OTs de manutenção preventiva. Baseado em: Muchiri <i>et al.</i> (2011), ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012), EN 15341 (BSI, 2019) e APPA (2020).
Relações de causa e efeito	O aumento da participação das atividades de manutenção preventiva leva à menor probabilidade da ocorrência de falhas construtivas. Por conseguinte, induz ao aumento do desempenho físico e funcional e o aumento da disponibilidade das edificações em condições satisfatórias. Além disso, acarreta na diminuição dos custos das consequências das falhas construtivas e das atividades de manutenção corretiva executadas, com decréscimo do custo total da manutenção.
Periodicidade da coleta de dados	Mensal.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 32 – Participação do custo dos trabalhos da manutenção corretiva (ID9)

Termo	Descrição
Designação	ID9
Categoria	Indicador do processo de execução das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor operacional: Diretor.
Dimensão	Indicador econômico.
Denominação	Participação do custo das ordens de trabalho da manutenção corretiva (MC) em relação ao custo total da manutenção.
Fórmula	$= \frac{\text{Custo das ordens de trabalho da manutenção corretiva (MC)}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Custo das OTs executadas e classificadas como manutenção corretiva (MC) por terem sido geradas das SSs recebidas para atendimento de emergência (manutenção corretiva de emergência) ou que foram postergadas (manutenção corretiva diferida); - Ver ID8.

Continua ...

... Continuação.

Termo	Descrição
Justificativa para a medição	Medir a participação dos trabalhos de manutenção preventiva que foram executadas, por meio da análise do custo. O indicador reflete a capacidade das equipes em executar as OTs de manutenção preventiva. Baseado em: EN 15341 (BSI, 2019) e APPA (2020).
Relações de causa e efeito	O aumento da participação da manutenção corretiva, principalmente a de emergência, leva à diminuição da disponibilidade das edificações em condições satisfatórias. Além disso, acarreta no aumento do custo das consequências das falhas construtivas, com elevação do custo total da manutenção.
Periodicidade da coleta de dados	Mensal.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 33 – Qualidade da execução dos trabalhos de manutenção (ID10)

Termo	Descrição
Designação	ID10
Categoria	Indicador do processo de execução das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor operacional: Chefe de Divisão.
Dimensão	Indicador técnico.
Denominação	Qualidade da execução dos trabalhos de manutenção
Fórmula	$= \frac{\text{Nº de ordens de trabalho que exigem retrabalho}}{\text{Nº de ordens de trabalho executadas}} \times 100$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Quantidade de OTs executadas que exigem retrabalho devido a erros na técnica de execução ou de materiais de construção empregados impróprios ou defeituosos; - Quantidade de OTs executadas.
Justificativa para a medição	Medir a qualidade da execução dos trabalhos de manutenção. O indicador reflete a capacidade da mão de obra em executar de maneira correta os trabalhos de manutenção. Baseado em: Almeida e Vidal (2001), Muchiri <i>et al.</i> (2011); ABNT NBR 5674 (ABNT, 2012) e Kumar <i>et al.</i> (2013).
Relações de causa e efeito	O aumento do retrabalho provoca aumento no consumo de mão de obra direta disponível (interna e externa) e do material de construção necessário. Além disso, provoca atraso nas OTs já programadas com impacto negativo no desempenho das edificações e na elevação do custo total da manutenção.
Periodicidade da coleta de dados	Mensal.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 34 – Backlog por equipe de trabalho de manutenção (ID11)

Termo	Descrição
Designação	ID11
Categoria	Indicador do processo de execução das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor operacional: Chefe de Divisão.
Dimensão	Indicador organizacional.
Denominação	<i>Backlog</i> por equipe de trabalho de manutenção.
Fórmula	$= \frac{\text{Hh estimado para executar as ordens de trabalho atrasadas}}{\text{Hh total disponível na manutenção}}$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	<p>- Homens-hora (Hh) de funcionários internos diretos, estimados para executar as OTs que estão pendentes (ou tecnicamente atrasadas), por equipe de trabalho;</p> <p>Nota 1: As equipes compõem-se de funcionários internos diretos, como as equipes de pedreiros, de armadores, de carpinteiros, de pintores, de serralheiros, de encanadores e de eletricitas;</p> <p>Nota 2: No cálculo de Hh previsto, acrescentar o <i>wrench time</i> de 40%. <i>Wrench time</i> é o percentual do tempo que um profissional capacitado depende para executar o trabalho físico da atividade da manutenção. Portanto, não se consideram o tempo de deslocamento, aguardo de peças ou para buscar as ferramentas, receber instruções ou outros;</p> <p>- Homens-hora total de funcionários internos diretos disponíveis para a execução das OTs, por equipe de trabalho.</p>
Justificativa para a medição	<p>Medir a capacidade da força de trabalho (Hh) de cada equipe em executar as OTs planejadas e programadas.</p> <p>O indicador possibilita dimensionar o tamanho das equipes de manutenção. Além disso, possibilita conhecer a tendência de variação da capacidade da força de trabalho ao longo do tempo.</p> <p>Baseado em: Coetzee (1997), Almeida e Vidal (2001), Wireman (2005) e Kumar <i>et al.</i> (2013).</p>
Relações de causa e efeito	<p>O <i>backlog</i> decrescente expressa o superdimensionamento das equipes de trabalho com geração de Homens-hora ociosas.</p> <p>O <i>backlog</i> crescente expressa insuficiência de mão de obra disponível, má qualificação, deficiência de ferramentas ou ainda má gestão. O <i>backlog</i> crescente resulta no atraso na execução das atividades de manutenção necessárias, a elevação da degradação e a piora do desempenho físico e funcional da edificação, com acréscimo no custo total da manutenção.</p>
Periodicidade da coleta de dados	Mensal.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 35 – Funcionários por área construída (ID12)

Termo	Descrição
Designação	ID12
Categoria	Indicador do processo de execução das atividades de manutenção.
Destinatário	Gestor tático: Chefe de Divisão.
Dimensão	Indicador organizacional.
Denominação	Funcionários por área construída
Fórmula	$= \frac{\text{Número total de funcionários da manutenção}}{1.000 \text{ m}^2 \text{ de área total construída}}$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Ver ID5; - Área total construída no <i>campus</i> universitário dividida por 1.000.
Justificativa para a medição	Medir a disponibilidade de funcionários internos da manutenção em relação ao tamanho do portfólio de edificações. O indicador permite investigar o impacto da expansão da área construída na capacidade da Prefeitura Universitária em alcançar os objetivos da manutenção. O indicador permite fazer <i>benchmarking</i> com outras Prefeituras Universitárias. Baseado em: Shohet (2006) e Lavy, Garcia e Dixit (2010).
Relações de causa e efeito	A redução da quantidade de funcionários internos impacta no atendimento às atividades de manutenção necessárias. Principalmente, impacta na execução das atividades de manutenção corretivas de emergência, com piora das condições físicas e funcionais das edificações e a elevação do custo total da manutenção. Num primeiro momento, há diminuição no custo total da manutenção. Por outro lado, se o tipo de manutenção praticado é somente a corretiva de emergência, há necessidade de aumento da força de trabalho com funcionários internos (diretos e indiretos), com a elevação do custo total da manutenção.
Periodicidade da coleta de dados	Mensal.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 36 – Indicador de desempenho do edifício (BPI) (ID13)

Termo	Descrição
Designação	ID13
Categoria	Indicador do resultado da manutenção. Indicador do desempenho físico e funcional da edificação.
Destinatário	Gestor estratégico: Prefeito do Campus Universitário.
Dimensão	Indicador técnico.
Denominação	Indicador de desempenho do edifício (<i>building performance indicator</i> - BPI)
Fórmula	$BPI = \sum_n P_n \times W_n$

Continua ...

... Continuação.

Termo	Descrição
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	<p>- P_n refere-se à nota atribuída pelo inspetor predial, medida numa escala de zero até 100, à condição de cada um dos n sistemas (estrutural, cobertura, vedações verticais externas, vedação e acabamento interior, instalações hidrossanitárias, instalações elétricas, etc) que compõem uma edificação sob inspeção predial.</p> <p>Nota 1: P_n é calculado por:</p> $P_n = C_n \times W(c)_n + F_n \times W(f)_n + PM_n \times W(pm)_n$ <p>Nota 2: C_n é o fator que expressa a condição física e funcional atual do sistema construtivo n, avaliada numa escala ordinal de cinco níveis que são transformados em pontos variando de 20 até 100.</p> <p>Nota 3: F_n é o fator que reflete a frequência com que as falhas afetam a função do sistema n, também avaliada na escala ordinal de cinco níveis transformados em pontos.</p> <p>Nota 4: PM_n é o fator que representa as atividades preventivas executadas no sistema n para mantê-lo num nível de serviço aceitável, também na escala ordinal de cinco níveis transformados em pontos. A manutenção preventiva é avaliada considerando a política de manutenção que rege o componente e a frequência de inspeções proativas realizadas no sistema n.</p> <p>Nota 5: $W(c)_n$, $W(f)_n$ e $W(pm)_n$ são os pesos dos fatores C_n, F_n e PM_n, respectivamente, cuja determinação baseia-se no custo das implicações das falhas e da manutenção preventiva. Pesos $W(c)_n$, $W(f)_n$ e $W(pm)_n$ para edificações universitárias.</p> <p>- W_n é a relação, em porcentagem, do custo do ciclo de vida de cada um destes n sistemas e do custo do ciclo de vida da edificação.</p>
Justificativa para a medição	<p>Medir a condição física e funcional de uma edificação, expressando-a de maneira quantitativa numa escala de 0 a 100, a partir da avaliação do desempenho dos vários sistemas construtivos que a compõem.</p> <p>O valor do BPI calculado reflete o nível de desempenho do edifício inteiro, classificando-o em:</p> <p>BPI > 80 indica boa condição do edifício;</p> <p>$70 < BPI \leq 80$ mostra que alguns dos sistemas estão em condição limite, necessitando de medidas de manutenção preventiva;</p> <p>$60 < BPI \leq 70$ expressa a condição deteriorada do edifício, exigindo emprego de atividades corretivas e preventivas;</p> <p>$BPI \leq 60$ significa que o edifício está num estado ruim.</p> <p>Comparar a condição entre as edificações do <i>campus</i> universitário e estabelecer as prioridades para atendimento, bem como em decidir pelo tipo de manutenção a ser implementado.</p> <p>Comparar a condição de uma mesma edificação ao longo do tempo.</p> <p>Baseado em: Shohet (2006), Pati, Park e Augenbroe (2009), Lavy, Garcia e Dixit (2010) e EN 15331 (BSI, 2011).</p>

Continua ...

... Continuação.

Termo	Descrição
Relações de causa e efeito	O BPI estabelece uma relação com a manutenção preventiva uma vez que leva em conta a frequência da ocorrência de falhas construtivas e a periodicidade da execução das atividades de manutenção. Ademais, estabelece uma relação entre a avaliação do desempenho físico e funcional e os aspectos econômicos da manutenção do edifício, conquanto considera a análise do custo do ciclo de vida (<i>life cycle cost</i> - LCC) para estabelecer W_n . O maior valor do BPI calculado mostra o esforço (Hh) e os recursos financeiros (R\$) aplicados adequadamente na manutenção, principalmente em atividades preventivas. O BPI aponta os sistemas mais degradados, o que permite relacionar com as equipes responsáveis pela execução das atividades de manutenção.
Periodicidade da coleta de dados	Trienal.
Periodicidade da revisão do ID	Trienal.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 37 – Indicador da condição do edifício (FCI) (ID14)

Termo	Descrição
Designação	ID14
Categoria	Indicador do resultado da manutenção. Indicador do desempenho do custo da manutenção.
Destinatário	Gestor estratégico: Prefeito do Campus Universitário.
Dimensão	Indicador econômico.
Denominação	Indicador da condição do edifício (<i>facility condition index</i> - FCI).
Fórmula	$FCI = \frac{\text{Custo da manutenção diferida da edificação}}{\text{Valor de substituição da edificação}} \times 100$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Custo estimado de todas as atividades de manutenção que deveriam ter sido executadas na edificação, mas que foram postergadas. As atividades de manutenção são levantadas por meio da realização da inspeção predial na edificação; - O valor de substituição da edificação é a quantidade estimada de capital para construí-la. É uma estimativa do custo inicial de construção que inclui todos os custos com: planejamento, projetos e orçamento; custos de construção; taxas de administração, impostos, recolhimentos, emolumentos e aprovações.

Continua ...

... Continuação.

Termo	Descrição
Justificativa para a medição	<p>Medir a condição física e funcional de uma edificação, expressando-a em porcentagem, mas com base na relação do custo da manutenção diferida e o valor de substituição da edificação.</p> <p>O valor do FCI calculado reflete a condição física e funcional do edifício inteiro, classificando-o em:</p> <p>FCI < 2% indica que a edificação apresenta excelente condição; 2% < FCI < 5% indica boa condição; 5% < FCI < 10% como condição regular; 10% < FCI < 15% como condição ruim; FCI > 15% corresponde a uma condição muito ruim.</p> <p>Comparar a condição entre as edificações do <i>campus</i> universitário e estabelecer as prioridades para atendimento.</p> <p>Estimar os custos das atividades de manutenção necessárias para manter as edificações em condições satisfatórias e auxiliar na tomada de decisão estratégica de longo prazo.</p> <p>Comparar a condição de uma mesma edificação ao longo do tempo.</p> <p>Baseado em: <i>The University of Queensland</i> (2009), Raposo (2010), <i>Queensland Government</i> (2017b) e APPA (2020).</p>
Relações de causa e efeito	<p>O maior valor do FCI calculado demonstra a menor capacidade dos esforços da Prefeitura Universitária em disponibilizar edificações em condições satisfatórias aos usuários, o que exige a implementação, <i>a priori</i>, da maior quantidade de atividades de manutenção corretivas de emergência com consequente elevação do custo total da manutenção.</p> <p>Além disso, o acréscimo do FCI ao longo do tempo reflete a incapacidade do SGM da Prefeitura Universitária em identificar as causas e propor soluções para disponibilizar as edificações em condições satisfatórias aos usuários.</p>
Periodicidade da coleta de dados	Trienal.
Periodicidade da revisão do ID	Trienal.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 38 – Índice do custo total da manutenção por valor das edificações (ID15)

Termo	Descrição
Designação	ID15
Categoria	Indicador do resultado da manutenção. Indicador do desempenho do custo da manutenção.
Destinatário	Gestor estratégico: Prefeito do Campus Universitário.
Dimensão	Indicador econômico.
Denominação	Índice de custo total da manutenção em relação ao valor de substituição das edificações.
Fórmula	$= \frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Valor total de substituição das edificações}} \times 100$

Continua ...

... Continuação.

Termo	Descrição
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Ver ID8; - O valor total de substituição estimado para todas as edificações que compõem o <i>campus</i> universitário.
Justificativa para a medição	Medir o nível da aplicação de recursos financeiros para a manutenção de edificações, apontado na literatura como regular entre 1,5% a 4% a.a. Acompanhar a tendência do aumento do indicador em função do aumento do custo total da manutenção provocado pelo envelhecimento das edificações. Permite fazer <i>benchmarking</i> com outras IES, auxiliando na investigação de causas e soluções para a gestão da manutenção de edificações. Baseado em: Raposo (2010) e <i>Queensland Government</i> (2017b).
Relações de causa e efeito	A baixa aplicação de recursos financeiros num determinado período resulta em: aumento da degradação das condições físicas e funcionais das edificações com diminuição da disponibilidade de edificações em condições satisfatórias; aumento da quantidade de atividades de manutenção necessárias, principalmente a manutenção corretiva de emergência; e resulta na elevação do custo total da manutenção no período posterior. A maior proporção da execução de atividades de manutenção corretiva, principalmente as recuperação geral das edificações, aumenta significativamente o custo total da manutenção.
Periodicidade da coleta de dados	Anual.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 39 – Índice do custo total da manutenção por área construída (AME) (ID16)

Termo	Descrição
Designação	ID16
Categoria	Indicador do resultado da manutenção. Indicador do desempenho do custo da manutenção.
Destinatário	Gestor estratégico: Prefeito do Campus Universitário.
Dimensão	Indicador econômico.
Denominação	Índice do custo total da manutenção em relação a área construída (<i>annual maintenance expenditure</i> - AME).
Fórmula	$AME = \frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Área total construída}}$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Ver ID8. - Área total construída no <i>campus</i> universitário.

Continua ...

... Continuação.

Termo	Descrição
Justificativa para a medição	Medir a aplicação de recursos financeiros em função do aumento da área construída do <i>campus</i> universitário. O conhecimento desse comportamento do custo possibilita prever a demanda por aplicação de recursos financeiros na Prefeitura Universitária. Permite fazer <i>benchmarking</i> com outras IES, auxiliando na investigação de causas e soluções para a gestão da manutenção de edificações. Baseado em: Shohet (2006), Lavy, Garcia e Dixit (2010), Raposo (2010), Cabral (2013) e APPA (2020).
Relações de causa e efeito	O aumento da área construída eleva o custo total de manutenção. No entanto, nos primeiros anos da edificação o impacto é menor, elevando-se significativamente com o envelhecimento da edificação. A baixa aplicação de recursos financeiros num determinado período resulta em: aumento da degradação das condições físicas e funcionais das edificações com diminuição da disponibilidade de edificações em condições satisfatórias; aumento da quantidade de atividades de manutenção necessárias, principalmente a manutenção corretiva de emergência; e resulta na elevação do custo total da manutenção no período posterior.
Periodicidade da coleta de dados	Anual.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 40 – Índice do custo total da manutenção por aluno (ID17)

Termo	Descrição
Designação	ID17
Categoria	Indicador do resultado da manutenção. Indicador do desempenho do custo da manutenção.
Destinatário	Gestor estratégico: Prefeito do Campus Universitário.
Dimensão	Indicador econômico.
Denominação	Índice do custo total da manutenção em relação ao número de alunos matriculados na graduação e na pós-graduação.
Fórmula	$= \frac{\text{AME}}{\text{Número total de alunos}}$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Índice do custo total da manutenção por área construída (<i>annual maintenance expenditure</i> - AME); - Quantidade total de alunos matriculados na graduação e na pós-graduação na IES.
Justificativa para a medição	Medir a aplicação de recursos financeiros em função do aumento da ocupação das edificações do <i>campus</i> universitário. O conhecimento desse comportamento do custo possibilita prever a demanda por aplicação de recursos financeiros na Prefeitura Universitária. Permite fazer <i>benchmarking</i> com outras IES, auxiliando na investigação de causas e soluções para a gestão da manutenção de edificações. Baseado em: Shohet (2006), Lavy, Garcia e Dixit (2010) e Raposo (2010).

Continua ...

... Continuação.

Termo	Descrição
Relações de causa e efeito	O aumento da quantidade de alunos (usuários) eleva o custo total de manutenção uma vez que aumenta a ocupação e a intensidade de degradação da edificação. A baixa aplicação de recursos financeiros num determinado período resulta em: aumento da degradação das condições físicas e funcionais das edificações com diminuição da disponibilidade de edificações em condições satisfatórias; aumento da quantidade de atividades de manutenção necessárias, principalmente a manutenção corretiva de emergência; e resulta na elevação do custo total da manutenção no período posterior.
Periodicidade da coleta de dados	Anual.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

Quadro 41 – Índice do custo total da manutenção por funcionário (ID18)

Termo	Descrição
Designação	ID18
Categoria	Indicador do resultado da manutenção. Indicador do desempenho do custo da manutenção.
Destinatário	Gestor estratégico: Prefeito do Campus Universitário.
Dimensão	Indicador econômico.
Denominação	Índice do custo total da manutenção em relação ao número total de funcionários da manutenção.
Fórmula	$= \frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Número total de funcionários da manutenção}}$
Definição das medidas e critérios para coleta de dados	- Ver ID8; - Ver ID5.
Justificativa para a medição	Medir a aplicação de recursos financeiros em relação à força de trabalho disponível da Prefeitura Universitária. Permite fazer <i>benchmarking</i> com outras IES, auxiliando na investigação de causas e soluções para a gestão da manutenção de edificações. Baseado em: Chanter e Swallow (2007).
Relações de causa e efeito	O aumento no custo total da manutenção num determinado período, para a mesma quantidade de funcionários internos diretos e indiretos disponíveis, reflete na maior ocupação da força de trabalho. Por outro lado, a restrição orçamentária num determinado período, mantendo-se a força de trabalho disponível, resulta em maior ociosidade da força de trabalho. No entanto, a diminuição da força de trabalho induz a diminuição na execução das atividades de manutenção corretivas e preventivas, levando, num primeiro momento, a redução do custo total da manutenção com pouco impacto no indicador calculado.

Continua ...

... Continuação.

Termo	Descrição
Periodicidade da coleta de dados	Anual.
Periodicidade da revisão do ID	Anual.

Fonte: O autor (2021).

6 A AVALIAÇÃO E O APERFEIÇOAMENTO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO CONSTRUÍDO

A iteração com a etapa anterior, em que se construiu o sistema de IDs, e a avaliação da facilidade do seu uso possibilitou aperfeiçoá-lo, incluindo ou excluindo IDs, bem como ajustando-os à situação do sistema de manutenção do *campus* da UEL.

Em vista disso, o presente capítulo está organizado em duas partes principais. A primeira parte ocupa-se em apresentar e discutir os resultados da avaliação da facilidade do uso do sistema de IDs. A segunda parte dedica-se, então, a apresentação da versão final do sistema de IDs.

6.1 A AVALIAÇÃO DA FACILIDADE DO USO DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO CONSTRUÍDO

Para expressar a facilidade do uso do sistema de IDs construído, os seguintes atributos foram investigados:

- a facilidade em coletar os dados para a produção das medidas de desempenho que compõem os IDs;
- a facilidade em armazenar e recuperar os dados para a produção dessas medidas de desempenho.

Para isso, tomou-se como unidade de análise o sistema de manutenção de edificações do *campus* da UEL, ora descrita na seção 5.1.

Após as iterações das etapas de construção e de avaliação, o sistema de IDs resultou, ao final, em 18 indicadores, que requeriam a produção de 23 medidas de desempenho, como elencadas no Quadro 42.

Essas medidas de desempenho refletem as seguintes dimensões da manutenção:

- o custo ou valor. Utilizaram-se oito medidas para expressar a dimensão econômica;
- os eventos e o tempo. Empregaram-se onze medidas técnicas;
- o esforço humano. Fez-se uso de quatro medidas organizacionais.

A produção dessas medidas de desempenho exige a coleta, armazenamento e recuperação de dados da manutenção. Por conseguinte, a avaliação da facilidade do uso do sistema de IDs foi realizada para cada uma das medidas de desempenho.

Quadro 42 – Medidas de desempenho necessárias para a composição dos indicadores de desempenho da manutenção de edificações

Medida de desempenho	Utilização para compor o indicador de desempenho	
	Como numerador	Como denominador
Hh total disponível na manutenção		ID11
Hh estimado para executar as ordens de trabalho atrasadas	ID11	
Nº total de funcionários da manutenção	ID12	ID15, ID18
Nº de funcionários internos indiretos da manutenção	ID5	
Nº de ordens de trabalho da manutenção preventiva (MP)	ID1	
Nº de ordens de trabalho da manutenção corretiva (MC)	ID2	
Nº total de ordens de trabalho emitidas		ID1, ID2, ID3, ID4, ID7
Nº de ordens de trabalho executadas		ID10
Nº de ordens de trabalho planejadas e programadas em menos de 5 dias	ID3	
Nº de ordens de trabalho executadas conforme planejado e programado	ID4	
Nº de ordens de trabalho atrasadas	ID7	
Nº de ordens de trabalho que exigem retrabalho	ID10	
Custo das ordens de trabalho da manutenção preventiva (MP)	ID8	
Custo das ordens de trabalho da manutenção corretiva (MC)	ID9	
Custo total da manutenção	ID15, ID16, ID17, ID18	ID8, ID9
Custo total da manutenção com funcionários internos	ID6	
Custo total da manutenção com serviços de terceiros		ID6
Custo da manutenção diferida	ID14	
Valor de substituição da edificação		ID14
Valor de substituição de todas as edificações		ID15
Condição física e funcional de cada sistema da edificação (P_n)	ID13	
Área construída	ID17	ID12, ID16
Nº total de alunos matriculados		ID17

Fonte: O autor (2021).

A avaliação da facilidade do uso do sistema de IDs está discutida de acordo com o local onde os dados se encontraram: (a) no campo; (b) no sistema cadastral de edificações da UEL; e (c) no sistema de controle da manutenção (SCM) e administrativo da PCU.

6.1.1 Dados Localizados no Campo

A avaliação da facilidade do uso do sistema de IDs, com dados localizados no campo, limitou-se a investigação de uma amostra casual, composta por duas edificações implantadas no CTU: (i) o edifício destinado às salas de aula/administrativas (denominado de Central de Salas de Aula); e (ii) o laboratório de ensino e pesquisa (Laboratório de Materiais de Construção - LABMAT). As edificações estão descritas na seção 5.1.

Os IDs que exigem a coleta de dados em campo são o ID13 - Indicador do desempenho do edifício (BPI) e o ID14 - Indicador da condição do edifício (FCI). Esses IDs estão relacionados aos resultados da manutenção e estão direcionados ao gestor estratégico (Prefeito do *Campus*).

No que diz respeito ao Indicador do desempenho do edifício (BPI), sua composição e formulação estão descritas na seção 3.9.3.1. Para utilizá-lo foi necessário, inicialmente, ajustá-lo às características construtivas e de manutenção das edificações universitárias para, então, aplicá-lo no *campus* da UEL.

Para ajustar o BPI, as edificações foram decompostas em sistemas construtivos e determinados os pesos da avaliação de desempenho (P_n) dos sistemas construtivos (Eq. 26) e os pesos que levam à avaliação global do edifício (Eq. 27). Os resultados do ajuste e da aplicação foram relatados por Leite *et al.* (2020).

A decomposição das duas edificações (Central de Salas de Aula e LABMAT) em sistemas e subsistemas construtivos levou em conta a função e a interação dos mecanismos de degradação que impactam na perda de desempenho físico e funcional. A decomposição resultou nos sistemas e subsistemas construtivos apresentados no Quadro 43.

Para efeito do cálculo de P_n , tomou-se como referência a importância relativa da condição física, da frequência das falhas e da manutenção programada, resultando na adoção dos pesos $W(c)_n$, $W(f)_n$ e $W(pm)_n$ contidos na Tabela 8.

Já para o cálculo de BPI, os pesos W_n foram obtidos pela relação entre o custo do ciclo de vida (LCC) de cada um dos sistemas construtivos (n) e do edifício, expresso em porcentagem. Para isso, todos os componentes de custo foram descontados (3,5% a.a.) a uma data comum no tempo em um fluxo de caixa no período $t=0$ até 50 anos. O cálculo deu em termos do valor presente líquido, conforme a ASTM E917-17 (ASTM, 2017). Tomando como referência a ISO 15686-5 (ISO, 2017), os custos foram estruturados em: (a) custos iniciais (IC) referentes à construção; (b) custos relacionados à manutenção (M) necessária para assegurar o desempenho

funcional que abrangeram as atividades de manutenção corretiva, preventiva e substituições; e (c) o valor residual (S) da edificação.

Quadro 43 – Sistemas e subsistemas construtivos das edificações universitárias investigadas

n	Sistema	Subsistema
1	Estrutura	Infraestrutura
		Superestrutura
2	Cobertura	Estrutura de cobertura
		Entelhamento
		Calhas e rufos
3	Vedação vertical externa	Parede
		Revestimento de parede
		Esquadria
4	Vedação e acabamento interior	Parede
		Revestimento de parede
		Revestimento de teto e forro
		Piso
		Esquadria
5	Hidrossanitário	Corrimão e guardacorpo
		Água e esgoto
		Águas pluviais
		Prevenção e combate à incêndio
6	Elétrico	Iluminação e tomadas
		Lógica
		SPDA

Fonte: Leite *et al.* (2020).

Tabela 8 – Pesos dos fatores que compõem P_n

n	Sistema	Peso (%)		
		W(c)	W(f)	W(pm)
1	Estrutura	72%	18%	10%
2	Cobertura	60%	15%	25%
3	Vedação vertical externa	60%	15%	25%
4	Vedação e acabamento interior	56%	14%	30%
5	Hidrossanitário	60%	15%	25%
6	Elétrico	40%	10%	50%

Fonte: Leite *et al.* (2020).

O custo inicial (IC) das edificações correspondeu à soma dos serviços de construção estimados a partir do quantitativo levantado nos projetos executivos e memoriais dos edifícios objetos de estudo e tomando como referência os custos unitários de publicações especializadas que refletiam o mercado local. Aos custos apurados, incidiu-se a bonificação e despesas indiretas (BDI) de 30%.

Os custos da manutenção (M) ao longo da vida útil foram apurados tomando como base as fichas de manutenção desenvolvidas pelo pesquisador, com auxílio de Sagae (2017), Fonseca (2018) e Costa (2018). As fichas de manutenção foram elaboradas de acordo com as tipologias construtivas, uma vez que os custos das atividades de manutenção não são apurados regularmente pela PCU e não há literatura para tanto. Exemplo de uma ficha de manutenção desenvolvida está apresentada na Tabela 9.

As fichas discriminam as atividades de manutenção corretiva, preventiva e de substituição e suas periodicidades, tendo sido elaboradas considerando o histórico das intervenções de manutenção, a condição física atual e os planos de manutenção elaborados para edificações semelhantes. No que se refere aos custos, foram adotadas as composições unitárias para os serviços de manutenção extraídas de publicações especializadas, cujos preços retratavam o mercado local ou, na falta destas, foram concebidas para os casos. A bonificação e despesas indiretas (BDI) foi implementada igual a 30%.

Tabela 9 – Exemplo da ficha de manutenção desenvolvida para o revestimento das paredes externas com placas litocerâmicas

Subsistema	3.2	Revestimento de parede		
Elemento	3.2.2	Litocerâmica		
Custo inicial (R\$)		150.863,38		
Nível de manutenção	Periodicidade (ano)	Descrição geral do serviço de manutenção predial	Razão (%)	Custo de manutenção (R\$)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
A - Inspeção de controle	3	Inspeção: ocorrência de destacamentos e desprendimentos.	0,1%	150,86
B - Limpeza e/ou tratamento de caráter preventivo	3	Limpeza de manchas e sujidades localizadas.	1,3%	1.961,22
C - Pequenas intervenções	10	Pintura completa: aplicação de impermeabilizante.	13,0%	19.612,24
		Reparação eventual (5%): destacamentos ou desprendimentos.		
		Reparação eventual (10%): rejuntamento degradado.		
D - Grande intervenção	-		0,0%	-
E - Substituição	-		0,0%	-

Fonte: Leite *et al.* (2020).

O valor residual (S) da edificação abrange os custos com demolição, retirada de entulhos e a limpeza do terreno, tendo sido assumido igual a 20% do custo inicial (IC).

Assim, foi possível realizar a análise LCC, cujos resultados obtidos para a Central de Salas de Aula estão apresentados na Tabela 10. Essa análise também foi realizada para o LABMAT.

Tabela 10 – Análise LCC por sistema (n) para a Central de Salas de Aula

n	Sistema	Subsistema	Custo Inicial (IC)		Manutenção (PVM)		Valor Residual (PVS)		PV LCC	
			Total (RS)	Part.	Total (RS)	Part.	Total (RS)	Part.	Total (RS)	Part.
1	Estrutura	Infraestrutura	285.573,31	39%	3.184,37	10%	10.226,57	39%	278.531,10	31%
		Superestrutura	1.228.681,77		122.177,03		43.999,92		1.306.858,87	
2	Cobertura	Estrutura de cobertura	114.992,62		28.615,53		4.117,96		139.490,18	
		Entelhamento	80.746,94	5%	32.703,60	5%	2.891,60	5%	110.558,93	5%
		Calhas e rufos	1.314,61		2.754,56		47,08		4.022,09	
3	Vedação vertical externa	Parede	82.335,00		18.105,05		2.948,47		97.491,58	
		Revestimento de parede	214.577,37	17%	86.810,12	21%	7.684,16	17%	293.703,34	18%
		Esquadria	358.014,19		157.888,67		12.820,73		503.082,12	
4	Vedação e acabamento interior	Parede	126.986,72		23.810,82		4.547,48		146.250,07	
		Revestimento de parede	180.970,46		112.593,79		6.480,67		287.083,58	
		Revestimento de teto e forro	191.572,33	24%	67.605,16	30%	6.860,33	24%	252.317,15	25%
		Piso	385.014,35		143.851,27		13.787,62		515.078,00	
		Esquadria	34.293,40		26.614,11		1.228,07		59.679,45	
		Corrimão e guardacorpo	13.307,70		10.975,41		476,56		23.806,55	
5	Hidrossanitário	Água e esgoto	59.558,91		70.993,65		2.132,84		128.419,72	
		Águas pluviais	51.223,97	4%	53.347,38	12%	1.834,36	4%	102.736,99	7%
		Prevenção e combate a incêndio	56.963,07		35.617,21		2.039,89		90.540,40	
6	Elétrico	Iluminação e tomadas	357.396,93		197.044,74		12.798,63		541.643,04	
		Lógica	67.674,32	12%	44.945,47	22%	2.423,46	12%	110.196,32	14%
		SPDA	29.864,20		41.761,03		1.069,46		70.555,77	
Total			3.921.062,17		1.281.398,95		140.415,88		5.062.045,24	

Fonte: Leite *et al.* (2020).

Assim, foi possível determinar os pesos W_n que permitiram o cálculo de BPI. Os pesos W_n estão apresentados na Tabela 11 para as duas edificações investigadas na pesquisa.

Tabela 11 – Pesos (W_n) do BPI para as edificações investigadas

n	Sistema	W_n (%)	
		Central de Salas de Aula	Laboratório de Materiais de Construção
1	Estrutura	31%	20%
2	Cobertura	5%	31%
3	Vedação vertical externa	18%	28%
4	Vedação e acabamento interior	25%	14%
5	Hidrossanitário	7%	1%
6	Elétrico	14%	6%

Fonte: Leite *et al.* (2020).

O peso W_n também revela a preponderância de cada sistema (n) na perspectiva do custo global, o que possibilita estabelecer o foco de maior atenção na gestão da manutenção de edificações em termos de custo da manutenção. Como pode ser observado na Tabela 11, os sistemas estrutura (31%) e vedação e acabamento interior (25%) predominam para a Central de Salas de Aula, enquanto para o LABMAT prevalecem os sistemas cobertura (31%) e vedação vertical externa (28%), que devem ter maior atenção dos gestores.

O BPI foi, então, aplicado às duas edificações por meio de inspeções prediais realizadas pelo pesquisador. Os resultados obtidos estão apresentados nas Tabela 12 e Tabela 13.

Tabela 12 – Avaliação da condição global da Central de Salas de Aula

n	Sistema	Condição do sistema		Falhas que afetam o serviço fornecido pelo sistema		Atividades preventivas realizadas no sistema		P_n	W_n (%)	$P_n \times W_n$	
		C_n	WC_n (%)	F_n	WF_n (%)	PM_n	WPM_n (%)				
1	Estrutura	100	72%	100	18%	20	10%	92	31%	28,5	
2	Cobertura	100	60%	100	15%	20	25%	80	5%	4,0	
3	Vedação vertical externa	80	60%	60	15%	20	25%	62	18%	11,2	
4	Vedação e acabamento interior	80	56%	80	14%	20	30%	62	25%	15,5	
5	Hidrossanitário	100	60%	80	15%	20	25%	77	7%	5,4	
6	Elétrico	100	40%	80	10%	20	50%	58	14%	8,1	
									BPI =	73	

Fonte: Leite *et al.* (2020).

Tabela 13 – Avaliação da condição global do LABMAT

n	Sistema	Condição do sistema		Falhas que afetam o serviço fornecido pelo sistema		Atividades preventivas realizadas no sistema		P_n	W_n (%)	$P_n \times W_n$	
		C_n	WC_n (%)	F_n	WF_n (%)	PM_n	WPM_n (%)				
1	Estrutura	80	72%	100	18%	60	10%	82	20%	16,3	
2	Cobertura	40	60%	40	15%	60	25%	45	31%	14,0	
3	Vedação vertical externa	60	60%	60	15%	60	25%	60	28%	16,8	
4	Vedação e acabamento interior	60	56%	80	14%	60	30%	63	14%	8,8	
5	Hidrossanitário	80	60%	80	15%	60	25%	75	1%	0,8	
6	Elétrico	60	40%	60	10%	60	50%	60	6%	3,6	
									BPI =	60	

Fonte: Leite *et al.* (2020).

O indicador BPI calculado expressou a condição geral deteriorada do LABMAT, com $BPI=60$, apontando para a necessidade do uso de atividades corretivas para recuperar e mantê-

lo em condições satisfatórias. Enquanto para a Central de Salas de Aula, o BPI = 73 revelou a condição regular, que exigem a adoção de medidas de manutenção preventiva, possuindo alguns dos seus sistemas em condição limite de desempenho.

Quanto ao ID14 - Indicador da condição do edifício (FCI), também foi necessário ajustá-lo para possibilitar aplicá-lo às características construtivas e de manutenção das edificações universitárias. O FCI está descrito na seção 3.9.4.

Nesse caso, também para o FCI se fizeram necessárias as fichas de manutenção para a apuração do custo da manutenção diferida, já desenvolvidas pelo pesquisador contando com Sgae (2017), Fonseca (2018) e Costa (2018) para o LABMAT. Para a estimativa do valor de substituição da edificação, adotou-se como referência o custo unitário básico (CUB), para a tipologia construtiva semelhante ao LABMAT, publicado pelo Sindicato da Indústria da Construção do Norte do Paraná (SINDUSCON Paraná Norte).

A aplicação do FCI foi realizada pelo pesquisador no ano de 2017 e 2020 somente no LABMAT, com a intenção de comparar os resultados obtidos. A aplicação contou com o auxílio de Hirama (2017) e Marcolini (2021) para a inspeção predial e o levantamento dos custos necessários para as atividades de manutenção. No ano de 2017, o FCI resultou igual a 7,12% e, em 2020, igual a 9,27%. Nesse ínterim, não houve intervenções de manutenção na edificação investigada. Portanto, o FCI refletiu a piora nas condições físicas e funcionais da edificação.

6.1.1.1 Da avaliação da facilidade em coletar os dados em campo:

As características dos dados necessários para a produção desses IDs estão apresentadas no Quadro 44.

Tanto o indicador BPI quanto o FCI baseiam-se na inspeção predial. Para o BPI, o tempo (h) para inspecionar toda a edificação é função primordialmente do tamanho da edificação, posto que a vistoria se faz apenas por observação visual e registro de fotografias. No FCI, o tempo para inspecionar é maior, pois as falhas construtivas identificadas *in loco* devem ser medidas para possibilitar o cálculo mais preciso do custo de manutenção.

Quadro 44 – Características dos dados localizados no campo

Indicador de desempenho	Medida de desempenho para cálculo do indicador de desempenho	Dado necessário para a produção da medida de desempenho	
		Conteúdo	Fonte
ID13 – Indicador do desempenho do edifício (BPI)	- Condição física e funcional de cada sistema da edificação (P _n).	Identificação das falhas construtivas na edificação.	Inspeção predial.
ID14 – Indicador da condição do edifício (FCI)	- Custo da manutenção diferida (R\$); - Valor de substituição da edificação (R\$).	Identificação e quantificação das falhas construtivas na edificação.	Inspeção predial, com equipamentos para medição de dimensões das falhas construtivas.

Fonte: O autor (2021).

Em ambos, a coleta de dados na vistoria exige, também, a padronização dos procedimentos da inspeção predial com o propósito de evitar a avaliação subjetiva das falhas construtivas e em tornar, conseqüentemente, mais precisa a apuração dos custos das intervenções de manutenção. Vale destacar que, para esse fim, a norma técnica ABNT NBR 16747 (ABNT, 2020) é insuficiente, o que obriga a PCU a estabelecer seu procedimento operacional padrão (POP) por meio de um manual próprio. Assim, a contratação de serviços de terceiros para a inspeção possível resta, também, possível.

Por todo o exposto, demonstra-se a facilidade do uso dos indicadores ID13 e ID14, desde que sanados os gargalos comentados.

6.1.1.2 Da avaliação da facilidade em armazenar e recuperar os dados:

A facilidade em armazenar e recuperar os dados produzidos está associado, nesse caso, aos laudos de inspeção predial. Para isso, os laudos devem ser emitidos em meio eletrônico amigável. Além disso, os laudos devem ser rigorosamente estruturados, com padronização estabelecida pela PCU.

Pelo exposto, demonstra-se a facilidade do uso dos indicadores ID13 e ID14, desde que sanados os gargalos comentados.

6.1.2 Dados Localizados no Sistema Cadastral de Edificações da UEL

Os IDs que exigem a coleta de dados no sistema cadastral de edificações da UEL são o ID13 e ID14, ora discutidos na seção anterior, bem como os indicadores ID12 - Funcionários por área construída, ID15 – Índice do custo total da manutenção por valor das edificações, ID 16 - Índice do custo total da manutenção por área construída e o ID 17 - Índice do custo total da manutenção por aluno.

6.1.2.1 Da avaliação da facilidade em coletar no sistema cadastral de edificações da UEL

As características dos dados necessários para a produção desses IDs estão apresentadas no Quadro 45.

Quadro 45 – Características dos dados localizados no sistema cadastral de edificações da UEL

Indicador de desempenho	Medida de desempenho para cálculo do indicador de desempenho	Dado necessário para a produção da medida de desempenho	
		Conteúdo	Fonte
ID13 – Indicador do desempenho do edifício (BPI)	- Condição física e funcional de cada sistema da edificação (P_n).	Dimensões, compartimentações, características dos sistemas construtivos.	Projetos executivos da edificação disponíveis no sistema cadastral da PROPLAN/DPTE
ID14 – Indicador da condição do edifício (FCI)	- Custo da manutenção diferida (R\$); - Valor de substituição da edificação (R\$).	Dimensões, compartimentações, características dos sistemas construtivos.	Projetos executivos da edificação disponíveis no sistema cadastral da PROPLAN/DPTE.
ID12, ID15, ID16, ID17	Área construída (m ²)	Dimensões	Projeto executivo de arquitetura disponível no sistema cadastral da PROPLAN/DPTE.

Fonte: O autor (2021).

Nos indicadores ID13 e ID14, a inspeção predial exige a consulta dos projetos executivos das edificações com a intenção de planejar a vistoria e em confeccionar as planilhas para a coleta dos dados *in loco*. Contudo, na UEL os projetos executivos das edificações estão

alocados junto à Diretoria de Planejamento do Território e Edificações (DPTE) da Pró-Reitoria de Planejamento (PROPLAN). Os projetos estão arquivados, parte em meio físico (pranchas originais em papel vegetal) e parte em meio eletrônico (CAD-2D), e não há meio remoto de acesso aos projetos, obrigando ao deslocamento até a unidade.

Para tanto, a digitalização dos projetos em papel é fundamental para facilitar o acesso aos dados necessários. Para os novos projetos executivos, a imposição da elaboração dos mesmos em tecnologia BIM²⁸-4D ou superior.

Os indicadores ID12, ID15, ID16 e ID17 necessitam da área total construída (m²) no *campus* da UEL, que também está sob controle da Diretoria de Planejamento do Território e Edificações (DPTE) da Pró-Reitoria de Planejamento (PROPLAN).

Por todo o exposto, demonstra-se a facilidade do uso dos indicadores ID13 e ID14, desde que sanados os gargalos comentados. Os ID12, ID15, ID16 e ID17 apresentam facilidade do uso nesse atributo.

6.1.2.2 Da avaliação da facilidade em armazenar e recuperar os dados

Os projetos executivos das edificações em meio físico são de difícil armazenagem e recuperação dos dados. Além disso, consomem esforços (Hh) para reobtê-los e a disponibilidade de impressoras para cópia dos projetos.

Como comentado na seção anterior, a digitalização dos projetos em papel é imprescindível para facilitar a armazenagem e a recuperação de dados para a produção das medidas de desempenho. Da mesma maneira, para os novos projetos executivos a imposição da elaboração dos mesmos em tecnologia BIM-4D ou superior.

Em face disso, nesse atributo os indicadores ID13 e ID14 demonstram baixa facilidade do uso, mas que podem ser sanados levando em conta os comentários apostos. Por outro lado, os indicadores ID12, ID15, ID16 e ID17 apresentam facilidade do uso nesse atributo.

²⁸ *Building information modeling.*

6.1.3 Dados Localizados no Sistema de Controle da Manutenção (SCM) e no Sistema Administrativo da PCU

Os IDs que exigem a coleta de dados no sistema de controle da manutenção (SCM) em operação e no sistema administrativo da PCU são todos os demais: ID1 até ID12, ID14 até ID18.

6.1.3.1 Da avaliação da facilidade em coletar os dados na PCU

A PCU opera o sistema de controle da manutenção (SCM), descrito na seção 5.1. Examinado-o, constatou-se que possui diversas funcionalidades que contém ou pode gerar as medidas necessárias para a produção dos IDs.

Dentre essas funcionalidades, cabe citar o controle do fluxo das solicitações de serviço (SS) nas unidades da PCU. A Figura 34 mostra o espelho do formulário da distribuição da SS ao setor executante. Nessa tela, pode-se preencher e controlar o tipo de serviço a ser executado e a previsão da duração da execução do serviço, dentre outros dados.

Figura 34 – Espelho do formulário de distribuição da solicitação de serviço ao setor

The screenshot shows a web-based form titled "Distribuição de Solicitação de Serviço ao Setor". The form is organized into several sections:

- Solicitação:** Includes fields for "Nº/Ano Sol." (001327 / 2010), "Data" (15/07/2010), and "Sol. Origem".
- Solicitante:** Includes "Órgão" (63 - ATI), "C. Custo" (010000 - SECRETARIA EXECUTIVA), "Contato" (RCSI), "E-mail" (josicler@uel.br), "Telefone" (4534), and "Solicitante" (5002136 - JHENFER FERREIRA DA SILVA).
- Serviço:** Includes "Local Serv." (DIRETORIA DE SUPORTE A REDES E SISTEMAS), "Descrição" (CONCERTO DO APARELHO DE AR CONDICIONADO SPLIT SOURCE ONE SPLIT PISO TETO. O MESMO NÃO ESTÁ RESFRIANDO - SOLICITAMOS URGÊNCIA), "Prioridade" (NORMAL), "Motivo", "Prev. Duração" (5 dias), "Processo" (2040 / 2010), "Título" (OF. COL. MUS. Nº 01/2010 - ENCAMINHA PEDIDO DO PROF. LEANDRO), and "Tipo Serviço" (00016 - MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO).
- Ben. Patrimonial:** Includes "Plaque" (0160293 - CONDICIONADOR DE AR SPLIT SOURCE ONE SPLIT PISO TETO).
- Executor:** Includes "Órgão Exec." (25 - PCU) and "C. Custo" (040302 - SETOR DE ELETRÔTECNICA).

Fonte: Extraído do Manual do Usuário do SCM da UEL (2016).

Os dados principais da execução da SS estão disponíveis na aba "solicitação", como mostrado na Figura 35, que contém os seguintes dados relevantes: data da emissão; situação SS (em execução, aguardando material, aguardando a conclusão de uma subsolicitação, aguardando a

conclusão de serviços externos); centro de custo; categoria do serviço; descrição do serviço; e o nível de prioridade da solicitação.

Figura 35 – Espelho do formulário da execução da solicitação de serviço, aba solicitação

Fonte: Extraído do Manual do Usuário do SCM da UEL (2016).

Os dados da execução propriamente dita da SS estão apresentadas na aba “execução”, como mostrado na Figura 36. Os dados contidos nessa aba são: data de início do serviço; data do término; previsão de duração; porte do serviço (pequeno, médio, grande); centro de custo; Hh empregadas na execução do serviço; Hh extras; e horas de execução do serviço.

Figura 36 – Espelho do formulário da execução da solicitação de serviço

Chapa	Funcionário	H Normais	H Extras	Total	Ex
0115435	AMARILDO RAMOS DE ALMEIDA	01.00	01.00	02.00	/ /
Total de horas trabalhadas:					02.00

Fonte: Extraído do Manual do Usuário do SCM da UEL (2016).

Com relação aos materiais consumidos na execução do serviço, a aba “materiais”, como mostrado na Figura 37, contém os seguintes dados relevantes: ordem de compra da qual o material utilizado foi adquirido; tipo da requisição (compra ou estoque); código do material; especificação; quantidade consumida na execução; valor unitário do material; e total dos materiais utilizados na solicitação.

Figura 37 – Espelho do formulário da execução da solicitação de serviço, aba materiais

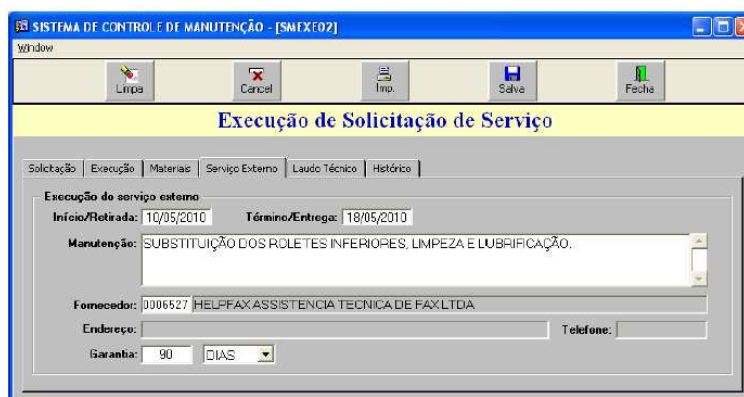


Ano	Req.	O.C.	Tip	Cód.	Especificação do Material	U.P.	Qtd.	Vlr. Unit.	Total	Ex.
2010	003628		E	003829	FILTRO DE LINHA EM PLÁSTICO ABS, COM 6 TCMADAS	UNT	1,00	21,00	21,00	
									TOTAL:	21,00

Fonte: Extraído do Manual do Usuário do SCM da UEL (2016).

Se necessário, podem ser solicitados serviços para serem executados externamente à UEL. Nesse caso, a aba “serviço externo”, mostrada na Figura 38, contém os seguintes dados: data de início para a execução do serviço externo; data de término do serviço externo; descrição do serviço executado; e prazo de garantia do serviço executado.

Figura 38- Espelho do formulário da execução da solicitação de serviço, aba serviço terceirizado



Execução de serviço externo

Início/Retirada: 10/05/2010 Término/Entrega: 18/05/2010

Manutenção: SUBSTITUIÇÃO DOS ROLETES INFERIORES, LIMPEZA E LUBRIFICAÇÃO.

Fornecedor: 0006527 HELPFAX ASSISTENCIA TECNICA DE FAX LTDA

Endereço: _____ Telefone: _____

Garantia: 90 DIAS

Fonte: Extraído do Manual do Usuário do SCM da UEL (2016).

... Continuação.

Indicador de desempenho	Medida de desempenho para cálculo do indicador de desempenho	Dado necessário para a produção da medida de desempenho	
		Conteúdo	Fonte
ID3 – Capacidade de resposta do planejamento e programação.	Nº de OTs planejadas e programadas em menos de 5 dias.	Quantidade de OTs.	Gerar no SCM da PCU.
	Nº total de OTs emitidas.	Ver ID1.	Ver ID1.
ID4 – Qualidade do planejamento e programação.	Nº de OTs executadas conforme planejado e programado.	Quantidade de OTs.	Gerar no SCM da PCU.
	Nº total de OTs emitidas.	Ver ID1.	Ver ID1.
ID5 – Perfil da mão de obra para a manutenção.	Custo total da manutenção com funcionários internos.	Quantidade de crédito orçamentário (R\$).	Gerar no SCM da PCU.
	Custo total da manutenção com serviços de terceiros.	Quantidade de crédito orçamentário (R\$).	Sistema administrativo da PCU; Gerar no SCM da PCU.
ID6 – Participação do número de funcionários internos indiretos.	Nº de funcionários internos indiretos da manutenção.	Quantidade de funcionários.	Existente no sistema administrativo da PCU; Gerar no SCM da PCU.
	Nº total de funcionários da manutenção.	Quantidade de funcionários.	Existente no sistema administrativo da PCU; Gerar no SCM da PCU.
ID7 – Tamanho do <i>backlog</i> .	Nº de OTs atrasadas.	Quantidade de OTs.	Gerar no SCM da PCU.
	Nº total de OTs emitidas.	Ver ID1.	Ver ID1.
ID8 – Participação dos custos dos trabalhos de MP.	Custo das OTs da MP.	Quantidade de crédito orçamentário (R\$).	Gerar no SCM da PCU.
	Custo total da manutenção.	Quantidade de crédito orçamentário (R\$).	Gerar no SCM da PCU.

Continua ...

... Continuação.

Indicador de desempenho	Medida de desempenho para cálculo do indicador de desempenho	Dado necessário para a produção da medida de desempenho	
		Conteúdo	Fonte
ID9 – Participação dos custos dos trabalhos de MC.	Custo total das OTs da MC.	Quantidade de crédito orçamentário (R\$).	Gerar no SCM da PCU.
	Custo total da manutenção.	Ver ID8.	Ver ID8.
ID10 – Qualidade da execução dos trabalhos.	Nº de OTs que exigem retrabalho.	Quantidade de OTs.	Gerar no SCM da PCU.
	Nº de OTs executadas.	Quantidade de OTs.	Existente no SCM da PCU.
ID11 – Backlog das equipes de manutenção	Hh para executar as OTs atrasadas.	Quantidade de Hh.	Gerar no SCM da PCU.
	Hh total disponível na manutenção.	Quantidade de Hh.	Gerar no SCM da PCU.
ID12 – Funcionários por área construída	Nº total de funcionários da manutenção.	Ver ID6.	Ver ID6.
ID14 – Indicador da condição do edifício (FCI).	Custo da manutenção diferida.	Custos das atividades de manutenção.	Elaborar as fichas de manutenção.
	Valor de substituição da edificação.	Custo unitário básico (CUB) (R\$/m ²) de tipologia construtiva semelhante.	Publicações do SINDUSCON Paraná Norte; Gerar no SCM da PCU.
ÍD15 – Índice do custo total da manutenção por valor das edificações.	Valor de substituição de todas as edificações.	Custo unitário básico (CUB) (R\$/m ²) de tipologia construtiva semelhante.	Publicações do SINDUSCON Paraná Norte; Gerar no SCM da PCU.
ID16 – Índice do custo total da manutenção por área construída.	Custo total da manutenção.	Ver ID8.	Ver ID8.

Continua ...

... Continuação.

Indicador de desempenho	Medida de desempenho para cálculo do indicador de desempenho	Dado necessário para a produção da medida de desempenho	
		Conteúdo	Fonte
ID17 – Índice do custo total da manutenção por aluno.	Custo total da manutenção.	Ver ID8.	Ver ID8.
	Nº total de alunos.	Quantidade de alunos.	PROPLAN/DAII; Gerar no SCM da PCU.
ID18 – Índice do custo total da manutenção por funcionário.	Custo total da manutenção.	Ver ID8.	Ver ID8.
	Nº total de funcionários da manutenção.	Ver ID6.	Ver ID6.

Fonte: O autor (2021).

A maior parte das medidas necessárias para a produção dos IDs pode ser gerada no SCM, bastando que os dados ou informações necessárias sejam colhidos ou calculados e disponibilizados aos usuários.

Outras medidas, como as necessárias para a produção do ID6 e ID15 podem ser coletados no sistema administrativo da DOM e lançados no SCM. Da mesma forma, outras medidas podem ser obtidas com dados provenientes de outros sistemas da UEL ou externos, como para a produção do ID17.

Especificamente para o indicador ID14 (FCI), a apuração dos custos de manutenção exige a elaboração das fichas de manutenção. Parte dessas fichas já foram desenvolvidas pelo pesquisador e podem ser disponibilizadas para um cadastro de fichas da DOM/PCU. Todavia, outras atividades de manutenção requerem mais fichas de manutenção que devem ser elaboradas.

O indicador FCI também requer a estimativa do valor de substituição da edificação, que pode ser calculado com o produto da área construída da edificação (m²) e o custo unitário da construção (R\$/m²) com tipologia construtiva semelhante. O custo unitário pode ser obtido junto às instituições que os publicam, mensalmente, como o SINDUSCON Paraná Norte em nossa região.

Por todo o exposto, demonstra-se a facilidade do uso da maior parte dos IDs, desde que geradas as medidas no SCM. Além disso, torna-se relevante a confecção de uma aba, franqueada aos gestores responsáveis pelas unidades, expondo os IDs calculados.

6.1.3.2 Da avaliação da facilidade em armazenar e recuperar os dados

Tendo em vista a existência do SCM na PCU e outras bases de dados no âmbito da UEL, demonstra-se, também, a facilidade em armazenar e recuperar os dados necessários para a produção das medidas de desempenho e os IDs.

6.2 A VERSÃO FINAL DO SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO CONSTRUÍDO

Ao final, o sistema de IDs proposto pelo pesquisador foi composto por 18 IDs, passíveis de serem aplicados para a medição do desempenho, levando em conta:

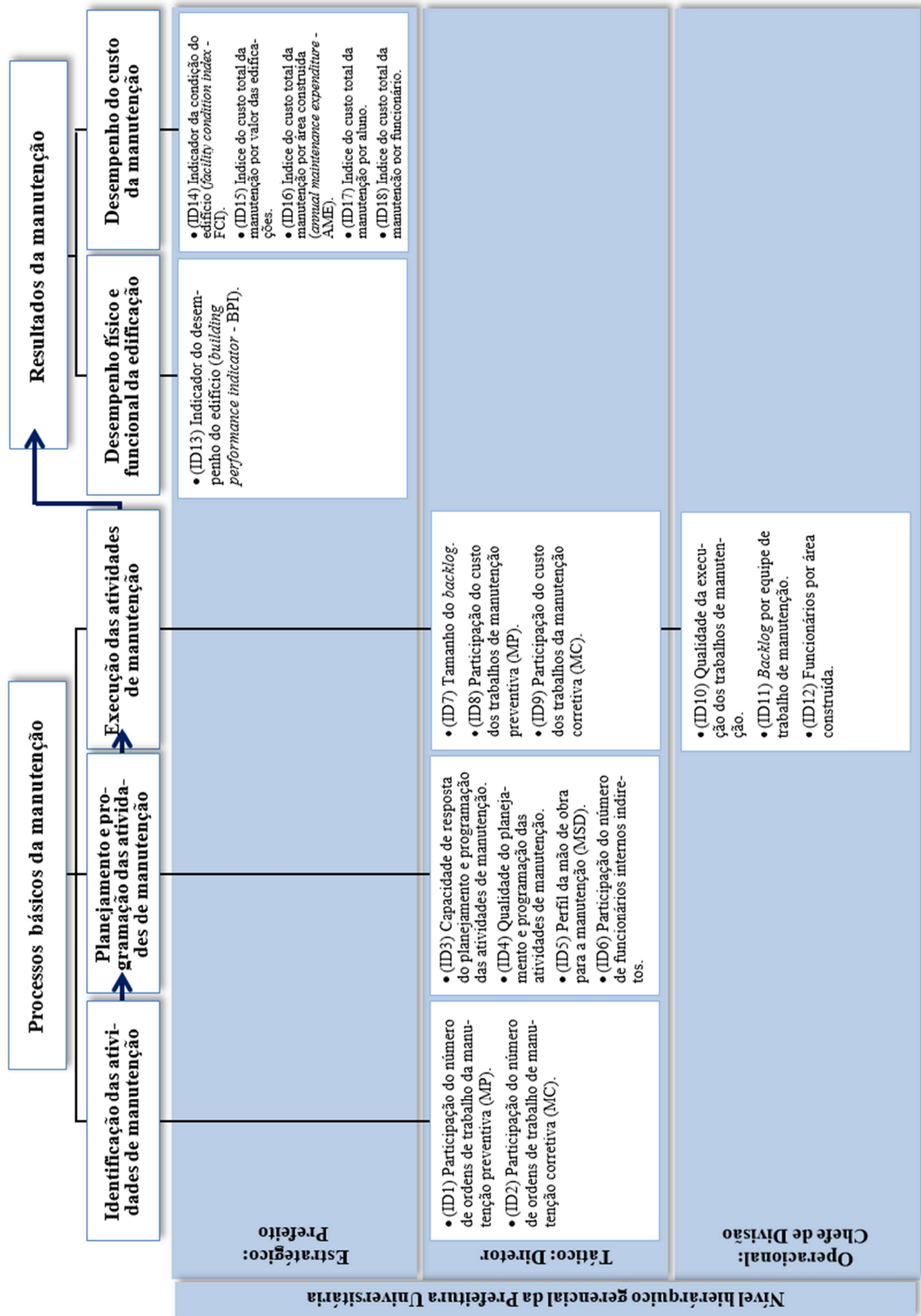
a) A interligação lógica entre os IDs na medição do desempenho dos processos básicos do ciclo da manutenção, por meio 12 *leading indicators*, e dos resultados da manutenção, por intermédio de seis *lagging indicators*;

b) A interligação lógica entre os IDs relacionados aos níveis hierárquicos gerenciais, com seis IDs direcionados ao gestor estratégico (Prefeito do *Campus*), sete IDs direcionados ao gestor tático (Diretor de Obras e Manutenção) e três IDs ao gestor operacional (Chefe de Divisão). Esses IDs auxiliam a encontrar as causas para os problemas da manutenção, uma vez que o ID do nível mais baixo pode apontar as causas de um problema expresso no ID do nível maior. Estabelecendo-se, assim, uma integração vertical na tomada de decisão;

c) a abordagem holística, com a medição das três principais dimensões dos IDs: oito IDs econômicos; seis IDs técnicos; e três IDs organizacionais.

A versão final do sistema proposto pelo pesquisador está apresentada na Figura 40.

Figura 40 – Versão final do sistema de indicadores de desempenho



Fonte: O autor (2021).

7 CONCLUSÃO

Em direção ao objetivo principal desse trabalho, foi desenvolvido um sistema de indicadores para medir o desempenho da gestão da manutenção das edificações públicas.

Embora detectada a ocorrência de indicadores de desempenho na gestão da manutenção de edificações, a medição recaía em aspectos isolados. Exceto, as investigações realizadas por Shohet (2006), que envolviam a medição do desempenho da manutenção por intermédio de um sistema de indicadores interligados, mas com focos diferentes desta pesquisa. Shohet (2006) tratou do sistema de indicadores de desempenho (ID) como ferramenta auxiliar apenas para o gestor estratégico.

Observou-se, ainda, que no âmbito da gestão da manutenção de edificações, principalmente em direção à medição do seu desempenho, o conhecimento atual sobre o assunto ainda não está estruturado. Na literatura, há mais relatos da prática do que investigações científicas. A produção científica é pequena, frente ao tamanho do mercado e sua relevância. As normas técnicas apenas recomendam, quando o fazem, o uso de indicadores de desempenho, ainda de maneira isolada.

Por outro lado, a possibilidade de desenvolver o sistema pretendido no início da pesquisa encontrava forte embasamento na indústria da manufatura, uma vez que está mais evoluído o estágio de conhecimento da gestão da função manutenção e dos sistemas de medição. Ao emparelhar os dois conteúdos revisados, verificou-se o pressuposto assumido neste trabalho de tese, também corroborado pela afirmativa de Cabral (2013), de que há um conjunto de conceitos e regras que são linearmente aplicáveis aos sistemas de gestão da manutenção em qualquer tipo de organização.

Deu-se sequência à pesquisa. Para isso, a composição do sistema de IDs pretendido foi orientada pelas diretrizes captadas da revisão da literatura realizada. A arquitetura do sistema de IDs foi, então, concebida para:

a) a interligação, na medição do desempenho, dos esforços ou processos básicos do ciclo da manutenção (por meio dos *leading indicators*) e dos resultados da manutenção (por intermédio dos *lagging indicators*). A interligação horizontal se mostra entre os *leading* e os *lagging indicators*. Assim, enquanto os processos da manutenção estão em progresso é possível agir, se necessário, para atingir os resultados desejados pela organização. Ademais, assumiu-se, nesta tese, o ciclo da manutenção de edificações composto por três processos básicos: a identificação; o planejamento e a programação; e a execução das atividades de manutenção;

b) a interligação entre os níveis hierárquicos gerenciais. O uso de IDs relacionados a diferentes níveis também ajuda a encontrar as causas para os problemas da manutenção. Se um ID mostra um problema, então o ID do nível mais baixo pode apontar para a causa desse problema. Assim, estabelece-se uma integração vertical na tomada de decisão;

c) as três dimensões dos IDs: econômica; técnica; e organizacional. Os IDs, classificados dessa maneira, tornaram-se úteis para uma abordagem holística na medição do desempenho.

Foi possível montar um *framework*, que auxiliou o pesquisador para identificar e selecionar os IDs disponíveis na literatura e aplicáveis ao SGM de edificações públicas. Os IDs foram buscados: na literatura, nos resultados dos principais pesquisadores em artigos indexados, nos autores reconhecidos e nas práticas relatadas; em normas técnicas; e nos *softwares*, por demonstrarem a práxis do mercado.

A primeira etapa da pesquisa resultou, portanto, na versão inicial do sistema de IDs construído. Já a segunda etapa da pesquisa consistiu na condução do estudo de caso do tipo único e incorporado com a finalidade de avaliar a facilidade do uso. Ao realizar essa avaliação, o sistema de IDs foi aperfeiçoado chegando, então, a versão final.

No estudo de caso, tomou-se como unidade de análise o sistema de manutenção de edificações do *campus* da Universidade Estadual de Londrina (UEL), centralizado na Prefeitura do Campus Universitário (PCU). Vale destacar que o pesquisador possui familiaridade com o *campus* uma vez que está vinculado à UEL desde o ano de 1993, tendo servido em diversos órgãos relacionados ao projeto, execução e manutenção de suas edificações.

A avaliação da facilidade do uso do sistema de IDs construído consistiu em investigar a exequibilidade e a praticidade em coletar e processar os dados originados no sistema de manutenção do *campus* da UEL. Em vista disso, buscou-se analisar a facilidade em acessar os dados em documentos, em *softwares* ou banco de dados eletrônicos da organização ou em campo, bem como em analisar a operacionalidade quanto ao armazenamento e a recuperação desses dados.

Os atributos que expressam a facilidade do uso do sistema de IDs construído foram definidos como:

- a facilidade em coletar os dados para a produção das medidas que compõem os IDs;
- a facilidade em armazenar e recuperar os dados para a produção dessas medidas.

A avaliação da facilidade do uso do sistema de IDs foi discutida em função do local onde os dados se encontravam: (a) no campo; (b) no sistema cadastral de edificações da UEL; e (c) no sistema de controle da manutenção (SCM) e no sistema administrativo da PCU.

Da versão final do sistema de IDs proposto pelo pesquisador, constatou-se que:

- O ID13 – Indicador do desempenho do edifício (BPI) e o ID 14 – Indicador da condição do edifício (FCI), ambos relacionados aos resultados da manutenção e direcionados ao gestor estratégico (Prefeito do *Campus*) são os IDs com maior dificuldade em coletar dados devido a obrigatoriedade da realização da inspeção predial. Por outro lado, a realização da inspeção predial oportuniza a implementação do tipo preventivo baseado na condição. Além disso, há necessidade da elaboração das fichas de manutenção para o cálculo dos custos das atividades de manutenção;

- Nesse sentido, o sistema de cadastro de edificações que está, atualmente, junto à PROPLAN/DPTE é fundamental para o acesso de dados sobre as edificações. Em vista disso, a digitalização dos projetos em papel e a imposição da elaboração dos novos projetos executivos de arquitetura e engenharia na tecnologia BIM-4D são, também, vitais;

- Os demais IDs são passíveis de implementação, com alterações no sistema de controle de manutenção (SCM) existente e em operação na PCU.

Por fim, aliado ao sistema de IDs proposto, a criação de uma Divisão junto à DOM, com atribuições para a identificação, o planejamento e a programação das atividades de manutenção contribuiria para implementar o tipo preventivo na PCU e no *campus* da UEL.

Considerando a estruturação e organização de diversos sistemas de gestão da manutenção predial, bem como as diferentes características construtivas, de uso e de ocupação entre os portfólios de edificações, um conjunto genérico de IDs não se deve julgar adequado para ser aplicado a todos os tipos de organizações. Por essa razão, as conclusões a que o pesquisador chegou nesta tese estão restritas à gestão da manutenção de edificações nas IES públicas.

REFERÊNCIAS

- ALANI, A.M.; PETERSEN, A.K.; CHAPMAN, K.G. Applications of a developed quantitative model in building repair and maintenance – case study. **Facilities**, v. 19, n. 5/6, 2001. p. 215-222.
- ALDARI, J.; KHAN, M.K.; MUNIVE-HERNANDEZ, E. Knowledge-based lean six sigma maintenance system for sustainable buildings. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 8, n. 1, 2017. p. 109-130.
- ALMEIDA, C.S.; VIDAL, M.C.R. **Gestão da manutenção predial: a tecnologia, a organização e as pessoas**. Rio de Janeiro: GESTALENT, 2001. 229 p.
- ALTURKI, A.; GABLE, G.G.; BANDARA, W.A. A design science research roadmap. *In: Design Science Research in Information Systems and Technology*, Milwaukee: Springer, 2011. p. 107-123. Disponível em: < <https://eprints.qut.edu.au/42496/>>
- AMARATUNGA, D.; BALDRY, D. A conceptual framework to measure facilities management performance. **Property Management**, v. 21, 2003. p. 171–189.
- AMARATUNGA, D.; BALDRY, D.; SARSHAR, M. Assessment of facilities Management performance – what next? **Facilities**, v. 18, n. 1/2, 2000a. p. 66-75.
- AMARATUNGA, D.; BALDRY, D. Assessment of facilities Management performance in higher education properties. **Facilities**, v. 18, n. 7/8, 2000b. p. 293-301.
- AMARATUNGA, D.; HAIGH, R.; SARSHAR, M.; BALDRY, D. Application of the balanced score-card concept to develop a conceptual framework to measure facilities management performance within NHS facilities. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 15, 2002. p. 141–151.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **E1480-92 (2013)**. Standard terminology of facility management (building-related). ASTM, 2013. 6 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **E1334-95 (2012)**. Standard practice for rating the serviceability of building or building-related facility. ASTM, 2012. 12 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **E917-17 (2017)**. Standard practice for measuring life-cycle costs of buildings and building systems. ASTM, 2017. 23 p.
- ANSON, M.; SPENCER, J.W. Office building costs as a function of building envelope design. **Architectural Science Review**, v. 16, n. 2, 1973. p. 118-128.
- ANTUNES, G.B.S. **Estudo da manutenção de edifícios**. Percepções dos projetistas e gerentes/administradores. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2004. 228 p.
- ARAGÃO, B.W. **Gerenciamento de manutenção predial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 1993. 158 p.
- ARDITI, D.; NAWAKORAWIT, M. Designing buildings for maintenance: designer’s perspective. **Journal of Architectural Engineering**, v. 5, n. 4, 1999a. p. 107-116.

ARTS, R.H.P.M.; KNAPP, G.M.; MANN, L. Some aspects of measuring maintenance performance in the process industry. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 4, n.1, 1998. p. 6-11.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5462**. Confiabilidade e manutenibilidade – Terminologia. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5674**. Manutenção de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012. 34 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16747**. Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro, 2020a. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575-1**. Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 41001**. *Facility management* – Sistemas de gestão – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2020b. 55 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 41011**. *Facility management* – Vocabulário. Rio de Janeiro, 2019a. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **ISO/TR 41013**. *Facility management* – Escopo, conceitos-chave e benefício. Relatório técnico. Rio de Janeiro, 2019b. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 55000**. Gestão de ativos. Visão geral, princípios e terminologia. Rio de Janeiro, 2014a. 23 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 55002**. Gestão de ativos. Sistemas de gestão. Diretrizes para a aplicação da ABNT NBR ISO 55001. Rio de Janeiro, 2020c. 85 p.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION - AFNOR. **NF EN 15221-1**. Facilities management. Partie 1: termes et definitions. La Plaine Saint-Denis: AFNOR, 2006. 16 p.

ASSOCIATION OF HIGHER EDUCATION FACILITIES OFFICERS - APPA. **2018-19 Facilities performance indicators report**. Alexandria: APPA, 2020. 27 p. Disponível em: <<https://www.appa.org/fpi-report/>>

AU-YONG, C.P.; ALI, A.S.; AHMAD, F. Improving occupant's satisfaction with effective maintenance management of HVAC system in office buildings. **Automation in Construction**. v. 43, 2014. p. 31-37.

BAMBER, C.J.; SHARP, J.M.; CASTKA, P. Third party assessment: the role of the maintenance function in an integrated management system. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**. v. 10, n. 1, 2004. p. 26-36.

BAPTISTA, J.A. A importância da análise de causa raiz (root cause analysis) na melhoria do desempenho da manutenção industrial. In: **26º Congresso Brasileiro da Manutenção**. Curitiba: ABRAMAN, 2011. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/191/191.pdf>>

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Ed. rev. e actual. Lisboa: Edições 70, 2010. 281 p.

BELLO, M. A.; LOFTNESS, V. **Addressing inadequate investment in school facility maintenance**. Library and Information Science, Carnegie Mellon University. 2010.

- BERGAMO, V.F. **Confiabilidade básica e prática**. São Paulo: E. Blücher, 1997.
- BESIKTEPE, D.; OZBEK, M.E.; ATADERO, R.A. Identification of the criteria for building maintenance decisions in facility management: First step to developing a multi-criteria decision-making approach. **Buildings**. v. 10, n. 166, 2020. p. 1-19.
- BLANCHARD, B.S. **Logistics Engineering and Management**. 6 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003. 560 p.
- BONETTO, R.; SAUCE, G. Gestion de patrimoine immobilier. Les activités de références. Partie 1. CSTB, Université de Savoie. 2005. 203 p.
- BONIN, L.C. Manutenção de edifícios: uma revisão conceitual. *In: Seminário sobre Manutenção de Edifícios. Anais ...* Porto Alegre: UFRGS, 1988. p. 1-31.
- BONOMA, T.V. Case research in marketing: opportunities, problems, and process. **Journal of Marketing Research**. v. 22, n. 2, may, 1985. p. 199-208.
- BOURNE, M.; MILLS, j.; WILCOX, M.; NEELY, A.; PLATTS, K. Designing, implementing, and updating performance measurement systems. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 20, n. 7, 2000. p. 754-771.
- BRANCO FILHO, G. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2006. 273 p.
- BRANNEN, J. Combining qualitative and quantitative approaches: an overview. *In: BRANNEN, J. (Org.). Mixing methods: qualitative and quantitative research*. Aldershot: Avebury, 1992. pp. 03-37.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BSI. **BS 8210**. Facilities maintenance management. Code of practice. London: BSI, 2020. 56 p.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BSI. **BS EN 13306**. Maintenance. Maintenance terminology. London: BSI, 2017. 98 p.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BSI. **BS EN 15331**. Criteria for design, management and control of maintenance services for buildings. London: BSI, 2011. 28 p.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BSI. **BS EN 15341**. Maintenance. Maintenance key performance indicators. London: BSI, 2019. 56 p.
- CABLE, J.H.; DAVIS, J.S. **Key performance indicators for federal facilities portfolio** – Federal facilities council technical report number 147. Washington: The National Academies Press, 2004. 44 p.
- CABRAL, J.P.S. **Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios**. 3 ed. Lisboa: LIDEL, 2013. 440 p.
- CALEJO RODRIGUES, R. **Gestão de edifício**. Modelo de simulação técnico-econômica. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2001. 202 p.
- CAMPBELL, J.D.; REYES-PICKNELL, J.V. **Uptime: strategies for excellence in maintenance management**. 2nd ed. New York: Productivity Press, 2006. 357 p.
- CAMPONAR, M.C. Do uso de “estudo de caso” em pesquisas para dissertações e teses em administração. **Revista da Administração**. São Paulo, v. 26, n. 3, julho/setembro, 1991. p. 95-97.

CÂNDIDO, L.F.; LIMA, S.H.O.; BARROS NETO, J.P. Análise de sistemas de medição do desempenho na indústria de construção. **Ambiente Construído**. v. 16, n. 2, 2016. p. 189-208.

CAVALCANTE, C.A.V.; ALENCAR, M.H.; LOPES, R.S. Multicriteria model to support maintenance planning in residential complexes under warranty. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 4, 2017.

CELLARD, A. A análise documental. POUPART, J.; DESLAURIERS, J.; GROULX, L.; LAPERRIÈRE, A.; MAYER, R.; PIRES, A. (Orgs.). *In: A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos*. Petrópolis: Vozes, 2008.

CHANTER, B.; SWALLOW, P. **Building maintenance management**. 2. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2007. 317 p.

CHEW, M.Y.L.; TAN, S.S.; KANG, K.H. Building maintainability – Review of state of the art. **Journal of Architectural Engineering**, v. 10, n. 3, 2004. p. 80-87.

COETZEE, J.L. Towards a general maintenance model. Martin, H.H. (Ed.). **Proceedings of IFRIM'97**. Hong Kong, 1997. p. 1-9.

COETZEE, J.L. **Maintenance**. Vitoria: Maintenance Publishers, 2004. 475 p.

CONTADOR, J.C. **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 593 p.

COOK, D.J.; MULROW, C.D.; HAYNES, R.B. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. **Annals of Internal Medicine**. v. 126, n. 5, 1997. p. 376-380.

COSTA, D.B. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Por Alegre, 2003. 174 p.

COSTA, T.V. **Desenvolvimento de fichas de manutenção predial: aplicação dos subsistemas de pisos, revestimentos de paredes e tetos e pinturas do Laboratório de Materiais de Construção da UEL**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2018. 205 p.

CREMONINI, R. A. O uso de levantamentos de campo como subsídios para a programação da manutenção de edifícios. *In: Seminário sobre Manutenção de Edifícios. Anais ...* Porto Alegre: UFRGS, 1988. p. 139-156.

CRESPO MÁRQUEZ, A.; MOREU DE LEÓN, P.; GÓMES FERNANDEZ, J.F.; PARRA MÁRQUEZ, C.; LÓPEZ CAMPOS, M. The maintenance management framework. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**. v. 15, n. 2, 2009. P. 167-178.

CRESWELL, J.W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 248 p.

CUPELLO, J.M. A new paradigm for measuring TQM progress. **Quality Progress**, v. 27, n. 5, may, 1994. p. 79-82.

DAS, S.; CHEW, M.Y.L. Generic method of grading building defects using FMECA to improve maintainability decisions. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 25, n. 6, 2011. p. 522-533.

DEJACO, M.C.; RE CECCONI, F.; MALTESE, S. Key performance indicators for building condition assessment. **Journal of Building Engineering**, v. 9, 2017. p. 17-28.

DETERMAN, J.; AKERS, M.A.; WILLIAMS, I.; HOHMANN, C.; MARTIN-DUNLOP, C. Learning space design for the ethnically diverse undergraduate classroom. **The American Institute of Architects**. 2015. p. 1-22. Disponível em: <<https://www.hcm2.com/learning-space-design-for-the-ethnically-diverse-student/>>

De SILVA, N.; DULAIMI, M.; LING, F.Y.Y.; OFORI, G. Improving the maintainability of buildings in Singapore. **Building and Environment**, v. 39, 2004. p. 1243-1251.

De MEDICI, S.; SENIA, C. Streamlining of maintenance facilities for the university real estate. **Journal of Technology for Architecture and Environment**, v. 9, 2015. p. 267-273.

DHILLON, B.S. **Engineering maintainability**. How to design for reliability and easy maintenance. Houston: Gulf Publishing Company, 1999. 253 p.

DIAS, A. **Metodologia para a análise da confiabilidade em freios pneumáticos automotivos**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1996. 199 p.

DRESCH, A.; LACERDA, D.P.; ANTUNES JÚNIOR, J.A.V. **Design science research: Método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015. 181p.

DUBÉ, L.; PARÉ, G. Rigor in information systems positivist case research: current practices, trends, and recommendations. **MIS Quarterly**, v. 27, n. 4, 2003. p. 597-635.

DUEK, C. **Análise de confiabilidade na manutenção de componente mecânico de aviação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005. 118 p.

DWIGHT, R. **Framework for measuring the performance of the maintenance system in a capital intensive organization**. Thesis (Doctoral). Department of Mechanical Engineering, University of Wollongong, 1999. 172 p.

EFNMS/SMRP– European Federation of National Maintenance Societies & Society of Maintenance and Reliability Professionals. **Harmonised indicators document**. 2 ed. Amsterdam: EFNMS/SMRP, 2009.

EL-HARAM, M.A.; HORNER, MW. Factors affecting housing maintenance cost. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 8; n. 2; 2002. p. 115-123.

ENSHASSI, A.; SHORAF, F. Key performance indicators for the maintenance of public hospitals buildings in the Gaza Strip. **Facilities**, v. 33, n. 3/4, 2015. pp. 206-228.

EKSTRÖM, J.; SONDÉN, M.; HÄGG, M.; JOHANSSON, B.Å.; JOHANSSON, M.; ÅGREN, K.; GUNNARSSON, H.; SANDIN, P. **Maintenance methods – Development, trends, and recommendations**. T5-515. Stockholm: Värmeforsk Service AB, 2006. 158 p.

EWEDA, A.; ZAYED, T.; ALKASS, S. Space-based condition assessment model for buildings: Case study of educational buildings. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 29, n. 1, 2015.

FALORCA, J.F. Mains functions for building maintenance management: na outline application. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**. v. 37, n. 5, 2019. p. 490-509.

FALORCA, J.F.; RODRIGUES, R.C.; SILVA, R.M. da. Research measurement of knowledge advances in building maintenance issues. **Structural Survey**, v. 32, n. 1, 2014. p. 61-71.

- FARENHOF, H.A.; FERNANDES, R.F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: Método SSF. **Revista ACB**, v. 21, n. 3, 2016. p. 550-563.
- FERREIRA, F.P. **Gerenciamento de facilities**: estudo exploratório da prática em empresas instaladas na região metropolitana de Porto Alegre. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005. 152 p.
- FERREIRA, F.M.C. Modelo para gestão de manutenção predial em universidades públicas: caso das IFES mineiras. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2017. 187 p.
- FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- FLORES, I. **Estratégias de manutenção**: elementos da envolvente de edifícios correntes. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2002. 186 p.
- FLORES-COLEN, I.; de BRITO, J.; de FREITAS, V.P. Stains in facades rendering: diagnosis and maintenance techniques classification. **Construction and Building Materials**, v. 22, n. 3, 2008. p. 211-221.
- FLORES-COLEN, I.; DE BRITO, J.; FREITAS, V. Discussion of criteria for prioritization of predictive maintenance of building facades: survey of 30 experts. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 24, 2010. P. 337–344.
- FONSECA, M.S. **Aplicação de fichas de manutenção predial para o Laboratório de Materiais de Construção da UEL**: subsistemas de estrutura de concreto armado e de vedação vertical. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2018. 130 p.
- FREITAS, M.A.; COLOSIMO, E.A. **Confiabilidade: análise de tempo de falha e testes de vida acelerados**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG / Fundação Christiano Ottoni, 1997. 309 p.
- FUJITA, R.C. **Custos de manutenção em edificações públicas: estudo de caso em Instituição de Ensino Superior**. Monografia (Especialização) - Programa de Residência Técnica, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2015. 33 p.
- GALAR, D.; PARIDA, A.; KUMAR, U.; STENSTRÖM, C.; BERGER, L. Maintenance metrics: a hierarchical model of balanced scorecard. *In: IEEE International Conference on Quality and Reliability*. Piscataway, 2011. p. 67-74.
- GARG, A.; DESHMUKH, S.G. Maintenance Management: literature review and directions. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 12; n. 3; 2006. p. 205-238.
- GERAERDS, W.M.J. The EUT maintenance model. **International Journal of Production Economics**. v. 24, 1992. p. 209-216.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOMES, J. **Metodologia para a manutenção e exploração de edifícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico. Lisboa, 1992.
- GONÇALVES, C.D.F. **Gestão da manutenção de edifícios: modelos para uma abordagem LARG (lean, agile, resilient e green)**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2014. 292 p.
- GRAY, D.E. **Pesquisa no mundo real**. 2 ed. Porto Alegre: Penso, 2012.

GREEN, D.; TURREL, P. schools buildings investment and impact on pupil performance. **Facilities**, v. 23, n. 3/5, 2005. p. 253-261.

GRIFFIN, J.J. Life cycle cost analysis: a decision aid. *In*: BULL, J.W. (Editor). **Life cycle costing for construction**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1993.

GUMMESSON, E. Case study research and network theory: birds of a feather. Qualitative research in organizations and management. **An International Journal**, v. 2, n. 3, 2007. p. 226-248.

HALLBERG, D. **System for predictive life cycle management of buildings and infra-structures**. Thesis (Doctoral) - KTH Research School, Centre for Built Environment, University of Gävle. 2009. 112 p.

HIRAMA, J. **Medição do desempenho da gestão da manutenção predial com o uso do FCI**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2017. 88 p.

HO, D.C.W.; CHAN, E.H.W.; WONG, N.Y.; CHAN, M. Significant metrics for facilities management benchmarking in the Asia Pacific region. **Facilities**, v. 18, n. 13/14, 2000. p. 545-556.

HRONEC, S.M. **Sinais vitais. Usando medidas de desempenho da qualidade, tempo e custos para traçar a rota para o futuro de sua empresa**. São Paulo: Makron Books, 1994. 240 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 15686-1**. Buildings and constructed assets – Service-life planning – Part 1: General principles and framework. Geneve: ISO, 2011. 21 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 15686-5**. Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 5: life-cycle costing. Geneve: ISO, 2017. 43 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 15686-7**. Buildings and constructed assets – Service-life planning – Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice. Geneve: ISO, 2017. 42 p.

JOHN, V.M.; BONIN, L.C. Princípios de um sistema de manutenção. *In*: **Seminário sobre Manutenção de Edifícios**. *Anais ...* Porto Alegre: UFRGS, 1988. p. 126-138.

JOHN, V.M. Custos de manutenção. *In*: **Seminário sobre Manutenção de Edifícios**. *Anais ...* Porto Alegre: UFRGS, 1988. p. 32-51.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems: the role of OEE. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 19, n. 1, 1999. p. 55-78.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. The balanced scorecard: measures that drive performance. **Harvard Business Review**, v. 70, n.1, 1992. p. 71-79.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção – função estratégica**. 4 ed. Rio de Janeiro: Quality-mark, 2012. 413 p.

KIRK, J.; MILLER, M. L. **Reliability and validity in qualitative research**. Beverley Hills: Sage Publications, 1986.

- KUMAR, U.; GALAR, D.; PARIDA, A.; STENSTRÖM, C.; BERGES, L. Maintenance performance metrics: A state-of-the-art review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 19, n. 3, 2013. p. 233-277.
- KUTUCUOGLU, K.Y.; HAMALI, J.; IRANI, Z.; SHARP, J.M. A framework for managing maintenance using performance measurement systems. **International Journal of Operations & Production Management**, vol. 21, n. 1/2, 2001. p. 173-194.
- LADIANA, D. **Manutenzione e gestione sostenibile dell'ambiente urbano**. Firenze: Alinea Editrice, 2007. 256 p.
- LAM, E.W.M.; CHAN, A.P.C.; CHAN, D.W.M. Benchmarking success of building maintenance projects. **Facilities**, V. 28, n. 5/6, 2010. p. 290-305.
- LARA, A.M.F. O software de manutenção como ferramenta de gestão predial. *In: 5º Seminário Paulista de Manutenção da ABRAMAN*, seção Regional V. São Paulo, 2004.
- LATEEF, O.A. Building maintenance management in Malaysia. **Journal of Building Appraisal**, v. 4, n. 3, 2009. p. 207-214.
- LATEEF, O.A.; KHAMIDI, M.F.; IDRUS, A. Validation of building maintenance performance model for Malaysian universities. **International Journal of Human and Social Sciences**, v. 6, n. 3, 2011. p. 159-163.
- LAVY, S.; BILBO, D.L. Facilities maintenance management in large public schools, Texas. **Facilities**, v. 27, n. 1/2, 2009. p. 5-20.
- LAVY, S.; GARCIA, J.A.; DIXIT, M.K. Establishment of KPIs for facility performance measurement: review of literature. **Facilities**, v. 28, n. 9/10, 2010. p. 440-464.
- LAVY, S.; GARCIA, J.A.; DIXIT, M.K. KPIs for facility's performance assessment. Part I: Identification and categorization of core indicators. **Facilities**, v. 32, n. 5/6, 2014. p. 256-274.
- LAVY, S.; GARCIA, J.A.; SCINTO, P.; DIXIT, M.K. Key performance indicators for facility performance assessment: simulation of core indicators. **Construction and Management Economics**, v. 32, n. 12, 2014. p. 1183-204.
- LAVY, S.; SHOHET, I. M. Integrated maintenance management of hospital buildings: a case study. **Construction Management and Economics**. v. 22, 2004. p. 25-34.
- LEE, R. **Building maintenance management**. 3 ed. London, William Collins Sons & Co. Ltd., 1987.
- LEE, H.H.Y.; SCOTT, D. Overview of maintenance strategy, acceptable maintenance standard and resources from a building maintenance operation perspective. **Journal of Building Appraisal**, v 4, n. 4, 2009. p. 269-278.
- LEIRIA, G.R. Manutenção preventiva e corretiva – Conservação de edifícios públicos e particulares. *In: Seminário sobre Manutenção de Edifícios. Anais ...* Porto Alegre: UFRGS, 1988. p. 116-125.
- LEITE, F.M.; VOLSE, R.A.; ROMAN, H.R.; SAFFARO, F.A. Building condition assessment: adjustments of the Building Performance Indicator (BPI) for University buildings in Brazil. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 1, 2020. p. 215-230.
- LESSA, A.K.M.C.; SOUZA, H.L. **Gestão da manutenção predial: uma aplicação prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010. 144 p.

- LEUNG, M.; FUNG, I. Enhancement of classroom facilities of primary schools and its impact on learning behaviors of students. **Facilities**, v. 23, n. 13/13, 2005. p. 585-594.
- LIND, H.; MUYINGO, H. Building maintenance strategies: planning under uncertainty. **Property Management**, v. 30, n.1, 2012. p. 14-28.
- LOPES, J.L.R. **Sistemas de manutenção predial: revisão teórica e estudo de caso adotado no Banco do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1993. 128 p.
- LOUNIS, Z.; VANIER, D.J. A multiobjective and stochastic system for building maintenance management. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, n.15, 2000. p. 320-329.
- MALTESE, S.; DEJACO, M.C.; RE CECCONI, F. Dynamic facility condition index calculation for asset management. *In: 14th International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Ghent, RILEM Publications S.A.R.L., 2017.
- MANSON, N.J. Is operations research really research? **Orion**, v. 22, n. 2, 2006. p. 155-180.
- MARCH, S.T.; STOREY, V.C. Design science in the information systems discipline: an introduction to the special issue on design research. **MIS Quarterly**, v. 32, n. 4, 2008. p. 725-730.
- MARCOLINI, G.P. **Descrição do indicador facility condition index (FCI) para a gestão estratégica da manutenção de edificações universitárias**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2021. 118 p.
- MARZOUK, M.; SELEEM, N. Assessment of existing buildings performance using system dynamics technique. **Applied Energy**, v. 211, 2018. p. 1308-1323.
- MAURÍCIO, F.M.M.P. **Aplicação de ferramentas de Facility Management à manutenção técnica de edifícios de serviços**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2011. 104 p.
- MAYO, G.; KARANJA, P. Facility condition assessment: The how, when, and why. **Facilities Manager**, Jul/Aug, 2018. p. 30-34.
- MEIRA, A.R. **Estudo das variáveis associadas ao estado de manutenção e a satisfação dos moradores de condomínios residenciais**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002. 284 p.
- MISHRA, R.C.; PATHAK, K. **Maintenance engineering and management**. 2 ed. New Delhi: PHI, 2012. 300 p.
- MOBLEY, R.K. Total productive maintenance. *In: Maintenance engineering handbook*. Mobley, R.K.; Higgins, L.R.; Wikoff, D.J. (editors). 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2008. 1200 p.
- MONCHY, F. **A função manutenção: formação para a gerência da manutenção industrial**. São Paulo: Durban, 1989.
- MORETTI, N.; RE CECCONI, F. A cross-domain decision support system to optimize building maintenance. **Buildings**, v. 9, n. 7, 2019.

- MOUBRAY, J. **Maintenance Management – a new paradigm**. Asheville: Aladon Ltd., 1995. 12 p.
- MUCHIRI, P.; PINTELON, L.; GELDERS, L.; MARTIN, H. Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. **International Journal of Production Economics**, v. 131, 2011. p. 295-302.
- MUNIZ, R.P.D. **Requisitos de mantabilidade na execução dos serviços de manutenção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010. 114 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Committing to the cost of ownership. Maintenance and repair of public buildings**. Washington: National Academy Press, 1990. 53 p.
- NATIONAL FORUM ON EDUCATION STATISTICS. Forum guide to facility information management: a resource for state and local education agencies. (NFES 2018-156). U.S. Department of Education. Washington, DC: National Center for Education Statistics. 2018. 66 p.
- NEELY, A.; ADAMS, C.; KENNERLEY, M. **The Performance Prism, The scorecard for measuring and managing business success**. London: Prentice Hall. 2002.
- NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K.; RICHARDS, H. Performance measurement system design: a literature review and research agenda. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 25, n. 12, 2005. p. 1228-1263.
- NORWEGIAN PETROLEUM DIRECTORATE - NPD. **Maintenance baseline study – A method for self-assessment of maintenance management system**. NPD Report. 1998. 82 p.
- OMAR, M.; IBRAHIM, F.; OMAR, W. An assessment of the maintenance management effectiveness of public hospital building through key performance indicators. **Sains Humanika**, v. 8, n. 4-2, 2016. p. 51-56.
- PARIDA, A. **Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement: Concepts, issues, and challenges**. Thesis (doctoral) – Luleå University of Technology, 2006.
- PARIDA, A.; KUMAR, U. Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges. **Journal of Quality in Maintenance**, v. 12, n. 3, 2006. p. 239-251.
- PARIDA, A.; KUMAR, U.; GALAR, D.; STENSTRÖM, C. Performance measurement and management for maintenance: a literature review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 21, n. 1/2, 2015. P. 000-000.
- PATI, D.; PARK, C.; AUGENBROE, G. Roles of quantified expressions of building performance assessment in facility procurement and management. **Building and Environment**, v. 44, 2009. p. 773-784.
- PATI, D.; PARK, C.; AUGENBROE, G. Facility maintenance performance perspective to target strategic organizational objectives. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, V. 24, n. 2, 2010. p. 180-187.
- PEREZ, A.R. Manutenção dos edifícios. **Tecnologia das Edificações**. São Paulo: PINI, 1988. p. 611-614.
- PERRET, J. **Guide de la maintenance des Bâtiments**. Paris: Moniteur Référence Technique, 1995.

- PHENG, L.S.; WEE, D. Improving maintenance and reducing building defects through ISO 9000. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 7, n. 1, 2001. p. 6-24.
- PINTELON, L.; VAN PUYVELDE, F. Maintenance performance reporting systems: some experiences. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 3, n. 1, 1997. p. 4-15.
- PRICE, I.F.; MATZDORF, F.; SMITH, L.; AGAHI, H. The impact of facilities on student choice of university. **Facilities**, v. 21, n. 10, 2003. p. 212-222.
- QUEENSLAND GOVERNMENT. **Maintenance management framework**. Buildings maintenance. Policy, standards, and strategy development. Brisbane: Department of Housing and Public Works, 2017a. 15 p. Disponível em:
<<http://www.hpw.qld.gov.au/FacilitiesManagement/Pages/default.aspx>>
- QUEENSLAND GOVERNMENT. **Maintenance management framework**. Policy for the maintenance of Queensland Government buildings. 2 ed. Brisbane: Department of Housing and Public Works, 2017b. 21 p. Disponível em:
<<http://www.hpw.qld.gov.au/FacilitiesManagement/Pages/default.aspx>>
- RAPOSO, S. **A gestão da actividade de manutenção em edifícios públicos**. Modelo e definição de estratégias para uma intervenção sustentável. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010. 529 p.
- RE CECCONI, F.; MORETTI, N.; DEJACO, M.C.; Measuring the performance of assets: a review of the facility condition index. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 23, n. 3, 2019. p. 187-196.
- RICHARDSON, R.J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- RIEGE, A.M. Validity and reliability tests in case study research: a literature review with “hands-on” applications for each research phase. **Qualitative Market Research**, v. 6, n. 2, 2003. p. 75-86.
- RIIS, J.O.; LUXHØJ, J.T.; THORSTEINSSON, U. A situational maintenance model. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 14, n. 4, 1997. p. 349-366.
- RILEY, M.; COTGRAVE, A. The context of maintenance. *In*: **Construction Technology 3: The technology of refurbishment and maintenance**. New York: Palgrave Macmillan, 2005.
- ROBERTS, L. W. Measuring school facility conditions: an illustration of the importance of purpose. **Journal of Educational Administration**, v. 47, n. 3, 2009. p. 368-380.
- ROCHA, P.; RODRIGUES, R.C. Bibliometric review of improvements in building maintenance. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 22, n. 4, 2017. P. 437-456.
- ROMME, A.G.L. Making a difference: organization as design. **Organization Science**, v. 14, n. 5, 2003. p. 558-573.
- ROSA, E.B. **Indicadores de desempenho e sistemas ABC**. O uso de indicadores para uma gestão eficaz do custeio e das atividades de manutenção. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. 509 p.
- ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS - RICS. **Building maintenance: strategy, planning, and procurement**. RICS practice standards. 2nd ed. London: RICS, 2009. 57 p.
- ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS - RICS. **Strategic facility management framework**. RICS guidance note. London: RICS/IFMA, 2018. 43 p.

- SAGAE, D.T. **Proposta de fichas de manutenção predial**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2017. 71 p.
- SAGHATFOROUSH, E.; TRIGUNARSYAH, B.; TOO, E. Assessment of operability and maintainability success factors in provision of extended constructability principles. *In: 9th International Congress on Civil Engineering*. Isfahan-Iran: Isfahan University of Technology, 2012.
- SALERMO, L.S. **Aplicação de ferramentas da mentalidade enxuta e da manutenção autônoma aos serviços de manutenção dos sistemas prediais de água**. Dissertação (Mestrado) – UNICAMP. Campinas, 2005. 147 p.
- SALONEN, A.; BENGTTSSON, M. The potential in strategic maintenance development. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 17, n. 4, 2011. p. 337-350.
- SALONEN, A.; DELERYD, M. Cost of poor maintenance. A concept for maintenance performance improvement. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 17, n. 1, 2011. p. 63-73.
- SANCHES, I.D.; FABRÍCIO, M.M. Projeto para a manutenção. *In: VIII Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios*. Anais... São Paulo, 2008.
- SELLTIZ, C.; JAHODA, M.; DEUTSCH, M. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: EDUSP, 1974.
- SEELEY, I.H. **Building maintenance**. London: MacMillan, 1987. 452 p.
- SHOHET, I.M. Building evaluation methodology for setting maintenance priorities in hospital buildings. **Construction Management and Economics**, v. 21, 2003. p. 681-692.
- SHOHET, I.M. Key performance indicators for strategic healthcare facilities maintenance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 132, n. 4, Apr., 2006. p. 345-352. p. 345-352.
- SHOHET, I.M.; LAVY, S. Healthcare facilities management: state of the art review. **Facilities**, v. 22, n. 7/8, 2004. p. 210-220.
- SHOHET, I. M.; LAVY, S. Development of an integrated healthcare facilities management model. **Facilities**. v. 22, n. 5/6, 2004b. p. 129-140.
- SHOHET, I.; LAVY, S. Facility maintenance and management: a health care study case. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 21, n. 2, 2017. p. 170-182.
- SHOHET, I.M.; LAVY-LEIBOVICH, S.; BAR-ON, D. Integrated maintenance monitoring of hospital buildings. **Construction Management and Economics**, v. 21, 2003. p. 219-228.
- SHOHET, I.; NOBILI, L. Application of key performance indicators for maintenance management of clinics facilities. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 21, n. 5, 2017. p. 58-71.
- SILVA, A.J.C. **Método para gestão das atividades de manutenção de fachada**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. 222 p.
- SILVA, A.; BRITO, J. de. Do we need a building's inspection, diagnosis and service life prediction software? **Journal of Building Engineering**, v. 22. 2019. p. 335-348.
- SIMON, H.A. **The sciences of the artificial**. 3 ed. Cambridge: MIT Press, 1996.

- SINK, D.S.; TUTTLE, T.C. **Planejamento e medição para a performance**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993. 343 p.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009. 703 p.
- SOCIETY FOR MAINTENANCE AND RELIABILITY PROFESSIONALS - SMRP. **Work management guideline** – Determining replacement asset value (RAV). Atlanta: SMRP, 2009. 3 p.
- SOUSA, M.R.; RIBEIRO, A.L.P. Revisão sistemática e meta-análise de estudos de diagnóstico e prognóstico: um tutorial. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 92, n. 3, 2009. p. 241-251.
- STANFORD, H.W. **Effective building maintenance: protection of capital assets**. Lilburn: The Fairmont Press, 2010, 426 p.
- STENSTRÖM, C.; PARIDA, D.; GALAR, D.; KUMAR, U. Link and effect model for performance improvement of railway infrastructure. **Journal of Rail and Rapid Transit**, v. 227, n. 4, 2013. p. 392-402.
- TAILLANDIER, F.; SAUCE, G.; BONETTO, R. Method and tools for building maintenance plan arbitration. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 18, n. 4, 2011. p. 343-362.
- THAHEEM, M.J.; DE MARCO, A.; MUGHAL, M.A. Project risk management for sustainable building repair and maintenance in developing countries. *In: International Conference on Safety, Construction Engineering and Project Management – ICSCPEM 2013. Proceedings...* Islamabad, 2013. p. 183-190.
- THE UNIVERSITY OF QUEENSLAND. **Asset maintenance policy**. Brisbane: Property and Facilities Division/The University of Queensland, 2009. 17 p.
- TREMBLAY, M.C.; HEVNER, A.R.; BERNDT, D.J. Focus group for artifact refinement and evaluation in design research. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 26, 2010. p. 599-618.
- TSANG, A.H.C.; JARDINE, A.K.S.; KOLODNY, H. Measuring maintenance performance: a holistic approach. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 19, n. 7, 1999. p. 691-715.
- TSANG, A.H.C. Strategic dimensions of maintenance management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 8, n. 1, 2002. p. 7-39.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. **Sistema de controle de manutenção – SCM**. Londrina: UEL/ATI, 2016.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. **Resolução CA nº 004/2017**. Londrina: UEL, 2017. Disponível em: <<http://www.uel.br/pcu/portal/pages/arquivos/RESOLUCAO/Resolucao%20004-2017%20-%20Sistematiza%20a%20distribuicao%20de%20recursos%20para%20estabelecer%20o%20Orcamento%20Basico%20de%20Manutencao.pdf>>
- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. **Plano de desenvolvimento institucional – PDI 2016-2021**. Londrina: UEL/PROPLAN/DAII, 2018a. Disponível em: <www.uel.br/proplan/novo/pages/arquivos/planos/pdi/PDI_2016_2021_ATUALIZACAO.pdf>

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. **Regimento da reitoria**. Londrina: UEL, 2018b. Disponível em: <http://www.uel.br/pcu/portal/pages/arquivos/Regimento_Reitoria.pdf>

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. **Resolução CA nº 013/2018**. Londrina: UEL, 2018c.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL. **UEL em dados 2020**. Londrina: UEL/PROPLAN/DAII, 2020. Disponível em: <www.uel.br/proplan/novo/pages/arquivos/uel_em_dados/UEL-em-dados-2020.pdf>

UZARSKI, D.R.; GRUSSING, M.N. Building condition assessment metrics: Best practices. *In*: AMEKUDZI, A.; McNEIL, S. **Infrastructure Reporting and Asset Management**. Reston: ASCE, 2008. p. 147-152.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, 2002. p. 195-219.

XENOS, H.G. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Belo Horizonte: EDG, 1998. 302 p.

ZAWAWI, E.M.A.; KAMARUZZAMAN, S.N.; ITHNIN, Z.; ZULKARNAIN, S.H. A conceptual framework for describing CSF of building maintenance management. **Procedia Engineering**, v. 10, 2011. p. 110-117.

WEBER, A.; THOMAS, R. **Key performance indicators: measuring and managing the maintenance function**. Ontario: Ivara Corporation, 2005. 16 p.

WIREMAN, T. **Developing performance indicators for managing maintenance**. New York: Industrial Press, 2005. 250 p.

WOOD, B. **Building maintenance**. Oxford: Blackwell Publishing, 2009. 311 p.

WORDSWORTH, P. **Lee's building maintenance Management**. 4 ed. Oxford: Wiley-Blackwell Science, 2001. 352 p.

WU, S.; NEALE, K.; WILLIAMSSON, M.; HORNBY, M. Research opportunities in maintenance of office building services systems. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 16, n. 1, 2010. p. 23-33.

YAU, Y. Multicriteria decision making for homeowners' participation in building maintenance. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 138, 2012. p. 110-120.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5 ed. Rio de Janeiro: Bookman, 2015. 320 p.

APÊNDICE A

Descrição das medidas que compõem os 71 indicadores de desempenho estabelecidos na norma técnica europeia EN 15341 (BSI, 2019).

Có-digo	Medida	Definição e comentário
E1	Custo total da manutenção	<p>O custo total de manutenção (geralmente anual e relacionado apenas às atividades de manutenção), inclui os seguintes custos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • as remunerações, salários e horas extras do pessoal de gestão, de supervisão, de apoio e da manutenção direta; • os custos salariais adicionais para aqueles acima mencionados (encargos, seguros, contribuições legais); • as peças e os materiais para a manutenção (incluindo os custos de transporte); • as ferramentas e os equipamentos; • a subcontratação, a locação das instalações; • os serviços de consultores; • os custos administrativos da manutenção; • os custos para treinamento; • os custos das atividades de manutenção realizadas pelo pessoal da produção; • os custos do transporte, alojamento, etc.; • a documentação; • os sistemas informatizados de gestão da manutenção (CMMS) e os sistemas de planeamento; • a energia e os serviços gerais; • a depreciação dos investimentos em equipamentos de manutenção, das oficinas e dos almoxarifados. <p>São excluídos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - os custos relacionados com a mudança de produto (por exemplo, a troca de ferramentas); - a depreciação das peças sobressalentes estratégicas; - os custos da indisponibilidade.
	Valor de reposição de um bem imobilizado (ARV)	<p>O valor de reposição de um bem imobilizado (ARV) é definido como a quantidade estimada de capital necessário para construí-lo. É uma estimativa do custo atual de reposição.</p> <p>Nota 1: Na indústria, o ARV é normalmente o valor de reposição da instalação.</p> <p>Nota 2: O ARV pode ser equivalente ao valor segurado.</p>
E2	Custo total da manutenção	Ver E1.
	Valor adicionado + custos externos da manutenção	Valor da produção, menos o valor das matérias-primas, dos serviços gerais e os contratados, além dos custos externos da manutenção.
E3	Custo total da manutenção	Ver E1.
	Quantidade produzida	Quantidade produzida ou serviço realizado por um bem (tonelada, litros)
E4	Custo total da manutenção	Ver E1.
	Custo de transformação da produção	Custo total necessário para um bem transformar um material utilizado num produto ou serviço, excluindo-se as matérias-primas e os materiais auxiliares de embalagem.

Continua ...

... Continuação.

Código	Medida	Definição e comentário
E5	Custo do total da manutenção + Custo das indisponibilidades relacionadas à manutenção	Ver E1 para o custo total da manutenção. O custo da indisponibilidade associado à manutenção é o tempo de indisponibilidade devido à manutenção multiplicado pelo valor médio de uma unidade de tempo de produção perdida/serviço perdido. O valor unitário do tempo de produção perdido pode ser o custo extra de produção no caso da produção em um estágio/um momento posterior e/ou o valor ou a renda perdida associado a não produção durante o estado de indisponibilidade do bem devido a manutenção. Nota: valor da “ <i>hidden plant</i> ” devido ao tempo de indisponibilidade para a manutenção.
	Quantidade produzida	Ver E3.
E6	Disponibilidade relacionada à manutenção	O período em que um bem pode estar em condições de executar uma função exigida sob determinadas condições em um dado instante ou durante um intervalo de tempo definido, supondo que os recursos externos necessários são fornecidos. Nota 1: esta capacidade depende tanto da confiabilidade, da manutibilidade e suportabilidade da manutenção. Nota 2: os recursos externos necessários, exceto os recursos de manutenção, não afetam o tempo de disponibilidade. Nota 3: a disponibilidade é baseada no desempenho real.
	Custo total da manutenção	Ver E1.
E7	Valor médio do estoque das peças de manutenção	Valor médio do estoque dos itens de manutenção (peças de reposição, consumíveis) no respectivo período.
	Valor de reposição dos bens	Ver E1 para a definição do valor de reposição dos bens.
E8	Custo total do pessoal interno de manutenção	O custo do pessoal interno envolvido na manutenção (incluindo os custos trabalhistas adicionais mencionados em E1) compreende: a) o custo do pessoal da manutenção direta, ou seja, do pessoal que trabalha in loco ou nas oficinas efetuando as atividades de manutenção; b) o custo do pessoal da manutenção indireta (direção, supervisores, engenheiros, planejadores e programadores, almoxarifado); c) os custos das atividades de manutenção efetuadas pelo pessoal da produção.
	Custo total da manutenção	Ver E1.
E9	Custo total do pessoal externo de manutenção	Custo do pessoal externo envolvido nas atividades de manutenção.
	Custo total da manutenção	Ver E1.
E10	Custo total dos serviços de terceiros	A soma das faturas dos terceirizados para as atividades de manutenção nos bens.
	Custo total da manutenção	Ver E1.
E11	Custo total dos materiais de manutenção	Custo dos itens de manutenção (peças de reposição, consumíveis) utilizados num determinado período.
	Custo total da manutenção	Ver E1.
E12	Custo total dos materiais de manutenção	Ver E11.
	Valor médio do estoque de materiais de manutenção	Ver E7.
E13	Custo do pessoal indireto da manutenção	Custo total do pessoal de manutenção indireta. Ver E8b.
	Custo total da manutenção	Ver E1.

Continua ...

... Continuação.

Código	Medida	Definição e comentário
E14	Custo total da manutenção	Ver E1.
	Energia total utilizada na manutenção	Eletricidade, gás, combustíveis, outras energias. Nota: as energias são todas medidas em Kcal ou MJ, dependendo da preferência.
E15	Custo da manutenção corretiva	Custo total da manutenção realizada após a ocorrência de uma pane e destinado a colocar um bem em estado que permite executar uma função requerida.
	Custo total da manutenção	Ver E1.
E16	Custo da manutenção preventiva	Custo da manutenção realizada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinado a reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento de um bem.
	Custo total da manutenção	Ver E1..
E17	Custo da manutenção condicionada	Valor das atividades de manutenção para a condição, medidos em termos de custo.
	Custo total da manutenção	Ver E1
E18	Custo da manutenção sistemática	Custo de manutenção preventiva realizada em intervalos predeterminados ou de acordo com um número definido de unidades em uso, mas sem controle prévio do estado do bem.
	Custo total da manutenção	Ver E1.
E19	Custo da manutenção de melhoria	Custo da manutenção realizada para melhorar a disponibilidade do bem, sem alterar a função desejada.
	Custo total da manutenção	Ver E1.
E20	Custo de paralisações planejadas para manutenção	Custo da manutenção realizada durante paradas programadas (para a manutenção) de uma instalação ou planta industrial (parada programada anual, por exemplo).
	Custo total da manutenção	Ver E1.
E21	Custo de treinamento dos funcionários para manutenção	Custo de treinamento do pessoal de manutenção (direto e indireto, ver E8).
	Número de funcionários da manutenção	Pessoal da manutenção direta mais o pessoal da manutenção indireta (ver E8).
E22	Custos totais de subcontratação para manutenção de equipamentos mecânicos	Soma dos custos das atividades terceirizadas para a manutenção mecânica.
	Custos totais de subcontratação para a manutenção	Soma dos custos das atividades terceirizadas para a manutenção mecânica, elétrica e da instrumentação.
E23	Custos totais de subcontratação para manutenção de equipamentos elétricos	Soma dos custos das atividades terceirizadas para a manutenção elétrica.
	Custos totais de subcontratação para a manutenção	Ver E22.
E24	Custos totais para a manutenção da instrumentação	Soma dos custos das atividades terceirizadas para a manutenção da instrumentação.
	Custos totais de subcontratação para a manutenção	Ver E22.
T1	Tempo total de operação	Tempo durante o qual um bem satisfaz sua função requerida (ver a EN 13306, item 9.3).
	Tempo de indisponibilidade devido à manutenção	Tempo durante o qual um bem está em estado de indisponibilidade devido a manutenção (ver a EN 13306, item 9.2).

Continua ...

...Continuação.

Código	Medida	Definição e comentário
T2	Tempo de disponibilidade	Tempo de disponibilidade: tempo durante o qual um bem está em estado de disponibilidade (ver a EN 13306, item 9.1). Estado de disponibilidade: estado de um bem caracterizado por atender uma função exigida, assumindo que os recursos externos necessários são fornecidos (ver a EN 13306, item 6.7).
	Tempo requerido	Tempo durante o qual o usuário exige de um bem em um estado que permite realizar uma função requerida (ver a EN 13306, item 9.4)
T3	Número de falhas devido à manutenção e prejudicial ao meio ambiente	Número de falhas causadas pela manutenção ou falta da manutenção e que prejudica o meio ambiente.
	Tempo de calendário	Intervalo de tempo (anos, meses).
T4	Volume anual de resíduos ou efeitos prejudiciais relacionados à manutenção	Volume anual de resíduos ou efeitos prejudiciais relacionados à manutenção. Indicadores medidos por elementos químicos (por exemplo, CO ₂) ou efeitos prejudiciais.
	Tempo de calendário	Intervalo de tempo (anos, meses).
T5	Número de acidentes devido à manutenção	Número de acidentes causados pela manutenção ou falta de manutenção e que provocam danos pessoais.
	Tempo de calendário	Intervalo de tempo (anos, meses).
T6	Tempo total de operação	Ver T1.
	Tempo de indisponibilidade por avaria	Tempo total de indisponibilidade por avaria.
T7	Tempo total de operação	Ver T1.
	Tempo de indisponibilidade por manutenção planejada e programada	Tempo total de manutenção planejada e programada que exigem uma indisponibilidade.
T8	Tempo de manutenção preventiva provocando indisponibilidade	Tempo durante o qual um bem está em estado de indisponibilidade devido a manutenção preventiva.
	Tempo total de indisponibilidade relacionada à manutenção	Tempo durante o qual um bem está em estado de indisponibilidade devido a manutenção.
T9	Tempo de manutenção sistemática provocando uma indisponibilidade	Tempo durante o qual um bem está em estado de indisponibilidade devido a manutenção sistemática.
	Tempo total de indisponibilidade relacionada à manutenção	Ver T8.
T10	Tempo de manutenção condicionada provocando uma indisponibilidade	Tempo durante o qual um bem está em estado de indisponibilidade devido a manutenção condicionada.
	Tempo total de indisponibilidade relacionada à manutenção	Ver T8.
T11	Número de falhas provocando lesão corporal	Número de falhas que provocam acidentes físicos resultando em vários dias de interrupção do trabalho.
	Número total de falhas	Número total de falhas. Falha: fim da capacidade de um bem em cumprir uma função requerida (ver a EN 13306, item 5.1). Nota 1: após uma falha, o bem está em pane completa ou parcial. Nota 2: a falha é um evento e distingue-se da pane que é um estado.
T12	Número de falhas criando risco de lesão corporal	Número de falhas que podem causar danos físicos.
	Número total de falhas	Ver T11.

Continua ...

... Continuação.

Código	Medida	Definição e comentário
T13	Número de falhas que prejudica o meio ambiente	Número de falhas que afetam o meio ambiente.
	Número total de falhas	Ver T11.
T14	Número de falhas que cria um risco de dano ao meio ambiente	Número de falhas que pode provocar um dano ao meio ambiente
	Número total de falhas	Ver T11.
T15	Tempo total de operação	Ver T1.
	Número de ordens de intervenção da manutenção que provoca uma indisponibilidade	Número de todas as ordens de intervenção corretiva e preventiva, assim como todas as ordens de intervenção de melhorias que provocam uma indisponibilidade.
T16	Tempo total de operação	Ver T1.
	Número de ordens de intervenção da manutenção	Número de todas as ordens de intervenção de manutenção corretiva e preventiva, assim como as ordens de intervenção de melhorias.
T17	Tempo total de operação	Ver T1.
	Número total de falhas	Ver T11.
T18	Número de sistemas abrangidos por uma análise de criticidade	Número de sistemas analisados por uma metodologia para avaliar e reduzir os riscos. Nota: "sistema" se refere à metodologia utilizada.
	Número total de sistemas	Número total de sistemas.
T19	Homens-horas utilizados para o planejamento em um processo de planejamento de manutenção sistemática	Homens-hora de trabalho destinadas ao planejamento da manutenção. O planejamento compreende os aspectos de segurança, a mão-de-obra, o material, as ferramentas e equipamentos, estimativa do tempo de duração da indisponibilidade e a quantidade de homens-hora necessária para executar o trabalho.
	Homens-horas totais utilizadas para a manutenção interna	Número de horas efetuadas pelo pessoal interno da manutenção.
T20	Tempo de manutenção planejada e programada que provoca um tempo de indisponibilidade da produção	Tempo total de calendário de manutenção planejada e programada que provoca uma indisponibilidade da produção.
	Tempo total de manutenção planejada e programada que demanda uma indisponibilidade	Tempo total de manutenção planejada e programada que demanda uma indisponibilidade.
T21	Tempo total para reparação	Soma dos tempos de reparação. Tempo de reparação: tempo durante o qual um bem está em um estado de indisponibilidade (ver a CEI 60050-191). Isso inclui atrasos administrativos e logísticos.
	Número total de falhas	Ver T11.
O1	Número de funcionários internos para a manutenção	Funcionários internos da manutenção (direta e indireta, ver E8).
	Número total de funcionários internos	Número total de funcionários.
O2	Número de funcionários indiretos da manutenção	Número de funcionários internos indiretos da manutenção (ver E8).
	Número de funcionários internos para a manutenção	Ver O1.

Continua ...

... Continuação.

Código	Medida	Definição e comentário
O3	Número de funcionários indiretos da manutenção	Ver O2.
	Número de funcionários diretos da manutenção	Número de funcionários diretos da manutenção (ver E8).
O4	Homens-horas para a auto-manutenção em produção	Homens-horas de manutenção realizadas por um utilizador ou um operador.
	Homens-horas totais para funcionários diretos da manutenção	Número de horas realizadas pelos funcionários diretos da manutenção (ver E8).
O5	Homens-horas para a manutenção planejada e programada	Homens-horas realizadas pelos funcionários diretos da manutenção (ver E8) para as atividades planejadas e programadas (internas e externas). Nota 1: nas atividades de planejamento: - os aspectos de segurança, - as ferramentas e os procedimentos operacionais especiais, - os padrões de tolerância, - as peças e materiais de substituição necessários são definidos com uma estimativa do tempo de indisponibilidade e do número de Homens-horas necessários para realizar o trabalho. Nota 2: nas atividades de programação, estabelecimento de um calendário de intervenções de manutenção ou do número de unidades de uso. Nota 3: os Homens-horas planejadas e programadas podem ser destinadas a manutenção corretiva, a manutenção condicionada, a manutenção de melhoria.
	Homens-horas totais disponíveis	Número de Homens-horas de manutenção (interna e externa) disponíveis para as atividades de manutenção (exceto feriados, treinamentos).
O6	Número de acidentes (lesões corporais) dos funcionários da manutenção	Número de acidentes com funcionários internos da manutenção provocando afastamento do trabalho, ao menos um dia.
	Número total de funcionários da manutenção	Ver O1.
O7	Homens-horas perdidas relacionadas aos acidentes dos funcionários de manutenção	Homens-horas internas de manutenção perdidas relacionadas aos acidentes dos funcionários internos da manutenção
	Homens-horas totais trabalhadas pelos funcionários da manutenção	Número de Homens-horas internas de manutenção efetivamente prestadas.
O8	Homens-horas dedicadas à melhoria contínua	Homens-horas dedicadas aos processos de melhoria do nível atual de disponibilidade, de confiabilidade, de qualidade, de segurança, de respeito ambiental e de custo. Nota: por exemplo, horas para a análise de criticidade, para a identificação das melhorias, para os projetos e preparação, para fornecer treinamento interno ou externo, ou através de auditoria em segurança, qualidade ou impacto ambiental.
	Homens-horas totais de manutenção	Número de horas realizadas pelos funcionários da manutenção.
O9	Homens-horas para a auto-manutenção na produção	Homens-horas de manutenção realizadas por um usuário ou operador. Nota: em consequência, a manutenção efetuada por um funcionário que não pertence ao departamento de manutenção.
	Homens-horas totais dos operários da produção	Horas realizadas por um usuário ou um operário da produção, para uma atividade qualquer.

Continua ...

... Continuação.

Código	Medida	Definição e comentário
O10	Funcionários diretos da manutenção trabalhando no trimestre	Funcionários diretos da manutenção (ver E8) que trabalham no trimestre nas instalações e serviços (em operação).
	Número total de funcionários diretos da manutenção	Número de funcionários diretos da manutenção.
O11	Tempo destinado à manutenção corretiva de urgência	Manutenção realizada imediatamente após a detecção de uma pane a fim de evitar consequências inaceitáveis.
	Tempo total de indisponibilidade relacionada à manutenção	Ver T8.
O12	Homens-horas dos funcionários internos para a manutenção mecânica	Homens-horas dos funcionários internos para a manutenção mecânica
	Homens-horas totais dos funcionários internos diretos da manutenção	Número de horas realizadas pelos funcionários diretos da manutenção (ver E8).
O13	Homens-horas dos funcionários internos para a manutenção elétrica	Homens-horas dos funcionários internos para a manutenção elétrica.
	Homens-horas totais dos funcionários internos diretos da manutenção	Ver O12.
O14	Homens-horas dos funcionários internos para a manutenção da instrumentação	Homens-horas dos funcionários internos para a manutenção da instrumentação.
	Homens-horas totais dos funcionários internos diretos da manutenção	Ver O12.
O15	Número de funcionários internos da manutenção com múltiplas competências	Número de funcionários internos diretos da manutenção (ver E8) com várias competências (capacidade de realizar pelo menos duas profissões e reconhecida formação em mais de um campo).
	Número de funcionários internos da manutenção	Ver O1.
O16	Homens-horas para a manutenção corretiva	Homens-horas destinadas às atividades de manutenção corretiva (internos e externos).
	Homens-horas totais da manutenção	Número de horas realizadas pelos funcionários internos e externos da manutenção.
O17	Homens-horas para a manutenção corretiva de urgência	Homens-horas destinadas às atividades de manutenção corretiva de urgência (internos e externos).
	Homens-horas totais da manutenção	Ver O16.
O18	Homens-horas para a manutenção preventiva	Homens-horas destinadas às atividades de manutenção preventiva (internos e externos).
	Homens-horas totais da manutenção	Ver O16.
O19	Homens-horas para a manutenção condicionada	Homens-horas destinadas às atividades de manutenção condicionada (internos e externos).
	Homens-horas totais da manutenção	Ver O16.
O20	Homens-horas para a manutenção sistemática	Homens-horas destinadas às atividades de manutenção sistemática preventiva (internos e externos).
	Homens-horas totais da manutenção	Ver O16.

Continua ...

... Continuação.

Código	Medida	Definição e comentário
O21	Homens-horas extras dos funcionários internos da manutenção	Número de horas extras realizadas pelos funcionários internos da manutenção.
	Homens-horas totais dos funcionários internos da manutenção	Ver T19.
O22	Número de ordens de trabalho realizadas conforme o programado	Número de ordens de trabalho tecnicamente executadas em tempo inferior ao tempo de execução estimado.
	Número total de ordens de trabalho programadas	Número de ordens de trabalho programadas. (ver O5, nota 2 para as atividades de programação).
O23	Horas de treinamento dos funcionários internos da manutenção	Número de horas de treinamento de todos os funcionários de manutenção (diretos e indiretos, ver E8).
	Homens-horas totais dos funcionários internos da manutenção	Ver O16.
O24	Número de funcionários internos diretos da manutenção no computador	Número de funcionários diretos (ver E8) utilizando um software (CMMS) para uma atividade qualquer de manutenção ou de gestão de bens (fluxo de ordens de trabalho, planejamento, gestão do estoque). Nota: a fim de qualificar um usuário do CMMS, é conveniente que ele utilize o software ao menos 5% do seu tempo de trabalho.
	Número de funcionários internos diretos da manutenção	Número de funcionários internos diretos da manutenção (ver E8).
O25	Homens-horas totais dos funcionários da manutenção direta destinadas para as atividades programadas	Homens-horas dos funcionários diretos da manutenção (ver E8) dedicados às atividades planejadas e programadas. (Ver O5, Nota 1 e Nota 2 para as atividades de planejamento e programação).
	Homens-horas totais programadas para os funcionários diretos da manutenção	Homens-horas planejadas e programadas pelos funcionários diretos da manutenção (ver E8). (ver O5, Nota 1 e Nota 2, para as atividades de planejamento e programação). Nota: o número de Homens-horas é planejado e programado e pode diferir do número de Homens-horas realizadas em razão de aspectos organizacionais.
O26	Número de peças de reposição fornecidas pelo almoxarifado conforme o solicitado	----
	Número total de peças de reposição necessárias para a manutenção	----